

(12)特許協力条約に基づいて公開された国

(19)世界知的所有権機関
国際事務局(43)国際公開日
2004年2月5日 (05.02.2004)

PCT

(10)国際公開番号
WO 2004/011807 A1

(51)国際特許分類7: F04B 49/10, H02P 6/12, F25B 49/02

〒530-8323 大阪府 大阪市 北区中崎西2丁目4番
12号 梅田センタービル Osaka (JP).

(21)国際出願番号: PCT/JP2003/009415

(72)発明者; および

(22)国際出願日: 2003年7月24日 (24.07.2003)

(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 桜皮 武史
(HIKAWA,Takeshi) [JP/JP]; 〒591-8511 大阪府 堺市 金
岡町1304番地 ダイキン工業株式会社 堺製作所
金岡工場内 Osaka (JP). 前田敏行 (MAEDA,Toshiyuki)
[JP/JP]; 〒525-8526 滋賀県 草津市 岡本町字大谷
1000番地の2 ダイキン工業株式会社 滋賀製作所内 Shiga (JP). 笠原伸一 (KASAHARA,Shinichi)
[JP/JP]; 〒591-8511 大阪府 堺市 金岡町1304番地
ダイキン工業株式会社 堺製作所 金岡工場内 Osaka
(JP). 山口貴弘 (YAMAGUCHI,Takahiro) [JP/JP]; 〒
591-8511 大阪府 堺市 金岡町1304番地 ダイキン
工業株式会社 堺製作所 金岡工場内 Osaka (JP).
泉茂伸 (IZUMI,Shigenobu) [JP/JP]; 〒525-8526 滋賀

(25)国際出願の言語: 日本語

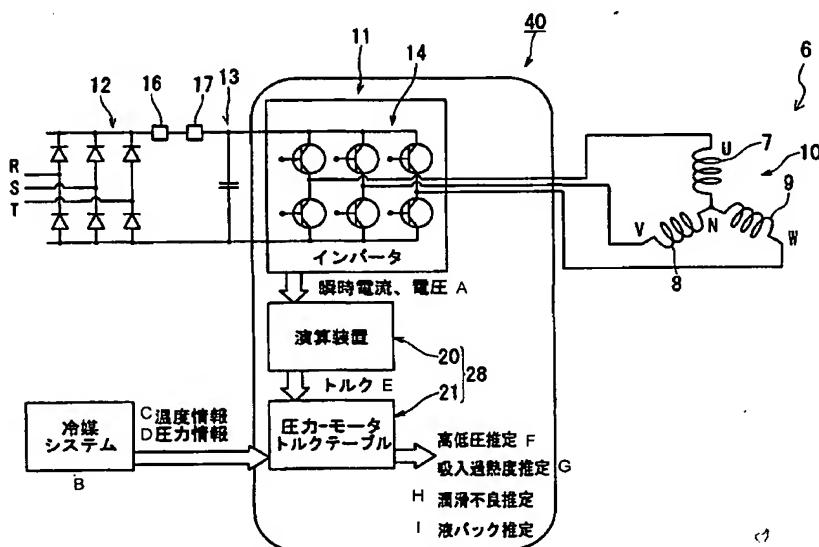
(26)国際公開の言語: 日本語

(30)優先権データ:
特願2002-216025 2002年7月25日 (25.07.2002) JP
特願2002-367841 2002年12月19日 (19.12.2002) JP(71)出願人(米国を除く全ての指定国について): ダイキン
工業株式会社 (DAIKIN INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP];

(総葉有)

(54) Title: DRIVER OF COMPRESSOR AND REFRIGERATOR

(54)発明の名称: 圧縮機の駆動装置及び冷凍装置



14...INVERTER
 A...INSTANTANEOUS CURRENT, INSTANTANEOUS VOLTAGE
 20...CALCULATING UNIT
 21...COMPRESSION-MOTOR TORQUE TABLE
 B...REFRIGERANT SYSTEM
 C...TEMPERATURE INFORMATION
 D...PRESSURE INFORMATION
 E...TORQUE
 F...HIGH/LOW PRESSURE INFERENCE
 G...INTAKE DEGREE-OF-SUPERHEAT INFERENCE
 H...DEFECTIVE LUBRICATION INFERENCE
 I...LIQUID BACK INFERENCE

(57) Abstract: The instantaneous current and instantaneous voltage of a three-phase coil (10) of a brushless DC motor (6) are measured, and the inner state of the compressor (1) is inferred from the measured values. The inner state such as defective lubrication or liquid back is inferred from the motor drive torque measured as a parameter of a motor model. Thus, prediction and diagnosis of a failure of the compressor (1) are effected in real time.

(57) 要約: ブラシレス DCモータ (6) の3相コイル (10) の瞬時電流及び瞬時電圧を検出し、この検出値から圧縮機 (1) の内部状態を推定する。圧縮機 (1) の内部状態の推定は、モータモデルのパラメータであるモータ駆動トルクを同定し、この同定したモータ駆動トルクから潤滑不良や液圧等を推定する。これによつて、圧縮機 (1) の故障の予知、診断などを実時間に行う。



県 草津市 岡本町字大谷 1000 番地の 2 ダイキン工業株式会社 滋賀製作所内 Shiga (JP). 小泉 清嗣 (KOIZUMI,Kiyoshi) [JP/JP]; 〒591-8511 大阪府 堺市 金岡町 1304 番地 ダイキン工業株式会社 堺製作所 金岡工場内 Osaka (JP). 喜多 正信 (KITA,Masanobu) [JP/JP]; 〒525-8526 滋賀県 草津市 岡本町字大谷 1000 番地の 2 ダイキン工業株式会社 滋賀製作所内 Shiga (JP).

(74) 代理人: 前田 弘, 外(MAEDA,Hiroshi et al.); 〒550-0004 大阪府 大阪市 西区靱本町 1 丁目 4 番 8 号 本町中島ビル Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO,

NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

圧縮機の駆動装置及び冷凍装置

技術分野

この発明は、圧縮機の駆動装置及び冷凍装置に関するものである。

背景技術

一般に、空気調和装置の冷媒回路は、圧縮機と、室外熱交換器と、膨張弁と、室内熱交換器とが順次接続されて構成され、蒸発圧縮式の冷凍サイクルを行う。この冷媒回路において、圧縮機の加減速や、負荷の急激な変動や、圧縮機以外の他の機器の動作不良による不適切な条件で運転が行われる場合がある。その際、上記圧縮機は、内部の損傷による故障を生じることがあった。

そこで、従来、この種の冷媒回路は、例えば、圧縮機の吸入管における吸入冷媒の過熱度を制御して液圧縮や潤滑油の希釈を回避していた。

また、上記冷媒回路は、低圧冷媒の飽和温度と圧縮機の吐出ガスの温度を比較して決まる温度に圧縮機の吐出管温度を制御し、圧縮機の内部の油や磁石の劣化を回避していた。

具体的に、特開平7-180933号公報に開示されている冷凍装置は、圧縮機の油の温度と圧縮機の吸入冷媒の圧力を検出し、この検出結果により油に対する冷媒の溶解度を演算している。そして、上記冷媒溶解度に基づき圧縮機の運転周波数を制御し、油の希釈を防止するようにしている。

また、特開2001-99070号公報に開示されている冷凍装置は、圧縮機の潤滑箇所に超音波プローブを設けている。そして、上記超音波プローブからの超音波強度により潤滑不良か否かを判定している。

〈解決課題〉

しかしながら、上記特開平7-180933号公報の冷凍装置は、圧縮機の内部に生じる現象を直接検出していない。したがって、制御には、時間遅れ及び

検出誤差等を含むことになっていた。そのため、冷凍装置を設計する場合、安全性を考慮するので、圧縮機等の過剰な保護となっていた。その結果、冷凍サイクルの性能を十分発揮することができなかった。

また、特開2001-99070号公報の冷凍装置は、超音波プローブを設ける必要があり、部品点数が多くなり、圧縮機の構造が複雑になるという問題があった。

この発明は、上記従来の欠点を解決するためになされたものであって、その目的は、圧縮機の内部状態を高精度に推定し、圧縮機の異常運転による事故を防止すると共に、圧縮機等に対する過剰な保護を抑制し、高効率の運転状態を維持することにある。

発明の開示

先ず、第1の発明は、モータ6を有する圧縮機の駆動装置を対象としている。そして、上記モータ6の電流及び／又は電圧を検出する検出手段16, 17を備えている。更に、該検出手段16, 17の検出値に基づいて内部状態を推定する推定手段28を備えている。

上記第1の発明では、モータ6の電流及び／又は電圧をモータ駆動回路（例えば、インバータ回路）で検出する。この電気的な情報に基づいて圧縮機1の内部状態を推定する。これにより、時間遅れがない実時間処理にて電流及び／又は電圧を検出することになり、上記圧縮機1の内部状態が短時間内に精度良く推定される。

第2の発明は、第1の発明において、上記推定手段28が、検出手段16, 17の検出値からモータモデルのパラメータを同定する同定手段20と、該同定手段20が同定したパラメータに基づいて内部状態を導出する導出手段21とを備えている。

上記第2の発明では、同定手段20が検出手段16, 17の検出値からモータモデルのパラメータを同定する。そして、上記同定手段20が同定したパラメータに基づいて導出手段21が内部状態を導出する。

第3の発明は、第1の発明において、上記推定手段28が推定する内部状態

が軸受異常又は潤滑不良である構成としている。

上記第3の発明では、軸受異常や潤滑不良が発生したことを推定することができる。これにより、運転条件を緩和した状態に移行し、厳しい損傷が回避される。

第4の発明は、第1の発明において、上記推定手段28が推定する内部状態がモータ温度である構成としている。

上記第4の発明では、モータ温度を推定するので、温度検出用センサが省略される。そして、例えば、この推定したモータ温度から、モータが正常に駆動しているか否かの判断を行うことができる。

第5の発明は、第1の発明において、上記モータ6がブラシレスDCモータである構成としている。

上記第5の発明では、ブラシレスDCモータを使用するので、内部状態がより正確に推定される。

第6の発明～第38の発明は、上記第1の発明の圧縮機の駆動装置を備えた冷凍装置に関する発明である。

先ず、第6の発明は、モータ6を有する圧縮機1を備えた冷媒回路を有する冷凍装置を対象としている。そして、上記モータ6の電流及び／又は電圧を検出する検出手段16, 17と、該検出手段16, 17の検出値に基づいて圧縮機1の内部状態を推定する推定手段28とを備えている。

上記第6の発明では、モータ6の電流及び／又は電圧をモータ駆動回路（例えば、インバータ回路）で検出する。この電気的な情報に基づいて圧縮機1の内部状態を推定する。これにより、時間遅れがない実時間処理にて電流及び／又は電圧を検出することになり、上記圧縮機1の内部状態が短時間内に精度良く推定されて冷凍運転が行われる。

第7の発明は、第6の発明において、上記推定手段28が、検出手段16, 17の検出値からモータモデルのパラメータを同定する同定手段20と、該同定手段20が同定したパラメータに基づいて圧縮機1の内部状態を導出する導出手段21とを備えている。

上記第7の発明では、同定手段20が検出手段16, 17の検出値からモー

タモデルのパラメータを同定する。そして、上記同定手段20が同定したパラメータに基づいて導出手段21が内部状態を導出する。

第8の発明は、第6の発明において、上記モータ6がブラシレスDCモータである構成としている。

第9の発明は、第7の発明において、上記同定手段20が同定するパラメータがモータ駆動トルクである構成としている。

上記第9の発明では、モータ駆動トルクを同定するので、このモータ駆動トルクから、冷媒回路における冷媒圧力等が推定される。

第10の発明は、第6の発明において、上記推定手段28が推定する内部状態が冷媒回路の高圧冷媒圧力又は低圧冷媒圧力である構成としている。

上記第10の発明では、冷媒回路の高圧冷媒圧力等を推定するので、該高圧圧力等から冷媒回路の運転状態を把握する。

第11の発明は、第9の発明において、上記冷媒回路に、冷媒状態を検出する冷媒検出手段22, 23が設けられている。そして、上記導出手段21は、同定手段20が同定したモータ駆動トルクと冷媒検出手段22, 23が検出した冷媒状態に基づいて冷媒回路の高圧冷媒圧力又は低圧冷媒圧力を導出する。

上記第11の発明では、冷媒回路の高圧冷媒圧力等を、モータ駆動トルクと冷媒回路の冷媒状態に基づいて推定するので、推定した高圧冷媒圧力等の信頼性が高い。

第12の発明は、第9の発明において、上記冷媒回路に、冷媒状態を検出する冷媒検出手段22, 23が設けられている。そして、上記導出手段21は、冷媒回路における冷媒温度及び／又は冷媒圧力に対応したモータ駆動トルクと圧縮機1の吸込過熱度との関係が予め設定され、同定手段20が同定したモータ駆動トルクと冷媒検出手段22, 23が検出した冷媒状態に基づいて圧縮機1の吸込過熱度を導出する。

上記第12の発明では、圧縮機1の吸入過熱度を推定するので、適切な吸入過熱度に調整することができ、過度の過熱運転や湿り運転が回避される。

第13の発明は、第6の発明において、上記推定手段28が推定する内部状態が圧縮機1の内部における衝撃荷重の発生である構成としている。

上記第13の発明では、軸受異常や液圧縮のような衝撃荷重が加わったことを推定する。これにより、例えば、圧縮機1の運転周波数を低下させる等、運転条件を緩和した状態に移行して、厳しい損傷を回避される。

第14の発明は、第13の発明において、上記検出手段16の検出値がモータ6の電流であり、上記推定手段28が、検出手段16の検出電流の高調波成分に基づいて衝撃荷重の発生を推定する。

上記第14の発明では、検出電流の高調波成分を分析し、この高調波成分（電流波形の基本波成分）に異常が発生すると、軸受異常や液圧縮などの衝撃荷重が加わったと推定する。

第15の発明は、第14の発明において、上記推定手段28が検出電流の高調波成分の正弦波に対するひずみ量に基づいて衝撃荷重の発生を推定する。

上記第15の発明では、検出電流の高調波成分を分析し、正弦波に対するひずみ量により圧縮機1の衝撃荷重を推定するので、圧縮機1の内部状態（潤滑不良や液圧縮等）が安定して推定される。

第16の発明は、第14の発明において、上記推定手段28は、検出電流の高調波成分が予め設定された基準値より大きいと衝撃荷重の発生を推定する。

上記第16の発明では、圧縮機1の内部状態を基準値と検出電流の高調波成分とを比較して推定するので、圧縮機1の内部状態（潤滑不良や液圧縮等）が簡単に推定される。

第17の発明は、第16の発明において、上記推定手段28の基準値が冷媒回路における冷媒温度及び／又は冷媒圧力に対応して設定されている。

上記第17の発明では、所定基準値が冷媒回路の冷媒温度等に応じて設定されるので、推定する内部状態の信頼性が向上する。

第18の発明は、第6の発明において、上記推定手段28が推定する内部状態が圧縮機1の潤滑不良又は液圧縮である構成としている。

上記第18の発明では、潤滑不良や液圧縮が発生したことを推定するので、この場合、運転条件を緩和した状態に移行して、厳しい損傷を回避する。

第19の発明は、第18の発明において、上記検出手段16の検出値がモータ6の電流であり、上記推定手段28が検出手段16の検出電流の上昇率に基づ

いて圧縮機 1 の潤滑不良又は液圧縮を推定する構成としている。

上記第 19 の発明では、電流の急激な上昇があると、潤滑不良や液圧縮が発生しているので、この上昇でもって、潤滑不良等の圧縮機 1 の内部状態を推定する。

第 20 の発明は、第 19 の発明において、上記冷媒回路には、冷媒状態を検出する冷媒検出手段 22, 23 が設けられている。そして、上記推定手段 28 は、検出手段 16 の検出電流と冷媒検出手段 22, 23 が検出した冷媒状態とからモータ 6 の定常状態の定常電流を設定し、該定常電流と検出手段 16 の検出電流とを比較して圧縮機 1 の潤滑不良又は液圧縮を推定する。

上記第 20 の発明では、定常電流を検出電流と冷媒回路の冷媒温度又は冷媒圧力等から設定するので、この設定された定常電流の信頼性が高い。そして、この定常電流と検出電流との比較に基づいて圧縮機 1 の内部状態を推定する。この結果、潤滑不良等の圧縮機 1 の内部状態が精度良く推定される。

第 21 の発明は、第 9 の発明において、上記推定手段 28 は、モータ駆動トルクが所定値を越える上昇に基づいて圧縮機 1 の潤滑不良又は液圧縮を推定する構成としている。

上記第 21 の発明では、モータ駆動トルクの所定量を超える大きな上昇があれば、潤滑不良や液圧縮が発生しているので、この上昇でもって、潤滑不良等の圧縮機 1 の内部状態を推定する。

第 22 の発明は、第 21 の発明において、上記冷媒回路に、冷媒状態を検出する冷媒検出手段 22, 23 が設けられている。そして、上記推定手段 28 は、同定手段 20 が同定したモータ駆動トルクと冷媒検出手段 22, 23 が検出した冷媒状態とからモータ 6 の定常状態の定常トルクを設定し、該定常トルクと同定手段 20 が同定したモータ駆動トルクとを比較して圧縮機 1 の潤滑不良又は液圧縮を推定する。

上記第 22 の発明では、定常トルクをモータ駆動トルクと冷媒回路の冷媒温度又は冷媒圧力等から設定するので、この設定された定常トルクは信頼性が高い。そして、この定常トルクと同定したトルクとの比較に基づいて、圧縮機 1 の内部状態を推定する。この結果、潤滑不良等の圧縮機 1 の内部状態が精度良く推定さ

れる。

第23の発明は、第9の発明において、上記推定手段28が推定した圧縮機1の内部状態の情報を出力するように構成されている。

上記第23の発明では、推定された冷媒温度、冷媒圧力又は軸潤滑状態等の情報を出力するので、圧縮機1の内部状態をユーザ等が確実に把握することができる。

第24の発明は、第9の発明において、上記推定手段28が推定した圧縮機1の内部状態の情報に基づいて圧縮機1を保護する保護手段29を備えている。ここで、圧縮機の保護とは、推定又は検出された情報に基づいて、異常運転とならない運転を行うことをいう。

上記第24の発明では、保護手段29によって圧縮機1が保護される。

第25の発明は、第24の発明において、上記保護手段29が圧縮機1を駆動するためのインバータ制御手段26を制御して圧縮機1の保護運転を行う構成としている。

上記第25の発明では、モータ6の電流等から圧縮機1の内部状態を推定し、この内部状態に基づいてインバータ制御手段26を制御する。この結果、圧縮機1の保護運転が行われる。

第26の発明は、第25の発明において、上記保護手段29は、インバータ制御手段26が冷媒回路の運転制御に優先して圧縮機1の保護運転を行うように構成されている。

上記第26の発明では、冷媒回路の運転制御の指令に優先して圧縮機1の保護運転を行うので、圧縮機1が安定して保護される。

第27の発明は、第24の発明において、上記推定手段28が推定した圧縮機1の内部状態の情報に基づいて、上記保護手段29の保護運転から定常運転に復帰させる切換手段を備えている。

上記第27の発明では、圧縮機1の保護運転から定常運転に回復させる切換手段を備えているので、圧縮機1の内部状態を推定し、定常運転に戻しても異常運転とならない場合に、定常運転に戻すことができる。

第28の発明は、第24の発明において、上記保護手段29が圧縮機1の故

障診断を行うように構成されている。ここで、故障診断とは、電流の乱れから潤滑不良を診断したり、電流の変化から液圧縮を診断したり、さらには、冷媒圧力を推定して、高圧異常又は低圧異常を診断したりすることである。

上記第28の発明では、推定した内部状態に基づいて故障診断を行うので、故障診断の信頼性が高く、故障箇所を特定したり、故障原因を推定したりする。

第29の発明は、第28の発明において、上記保護手段29の診断結果を記憶する記憶手段21を備えている。

上記第29の発明では、故障診断の結果を記憶手段21に記憶するので、運転停止後等において、故障診断の結果を利用して故障箇所の修正等を行う。

第30の発明は、第24の発明において、上記保護手段29が圧縮機1の故障予知を行うように構成されている。ここで、故障予知とは、電流の乱れから潤滑不良の予知したり、電流の変化から液圧縮の予知したり、さらには、冷媒圧力を推定して高圧異常又は低圧異常の予知したりすることである。

上記第30の発明では、推定した内部状態に基づいて故障予知を行うので、故障予知の信頼性が高く、この故障予知に基づいて、故障となる異常運転が回避される。

第31の発明は、第30の発明において、上記保護手段29の予知情報を出力する通信手段31を備えている。

上記第31の発明では、故障予知の情報を外部へ連絡することができるので、ユーザ等は、故障予知の情報を知ることができ、故障となる運転が回避される。

第32の発明は、第24の発明において、上記保護手段29は、冷媒回路の制御内容又は制御パラメータを変更するように構成されている。

上記第32の発明では、推定された内部状態に基づいて冷媒回路の制御内容や制御パラメータを変更するので、高効率の運転が行われる。

第33の発明は、第6の発明において、予め冷媒回路の冷媒システムモデルを備え、上記推定手段28が推定した圧縮機1の内部状態の情報に基づいて、冷媒回路の運転状態を推定する。

上記第33の発明では、冷媒システムモデルを用い、推定された内部状態に基づいて、冷媒回路の運転状態を推定するので、応答性の高い内部状態の推定が

行われる。

第34の発明は、第7の発明において、上記モータ6がブラシレスDCモータで構成されている。そして、上記推定手段28がモータ6の電流、電圧及び機器定数からモータ温度を推定する。

上記第34の発明では、モータ6の電流、電圧及び機器定数からモータ温度を推定するので、温度検出用センサを必要としない。また、その際、回転子1aの回転位置を推定するようにすると、他の構成を付加することなくモータ温度が推定される。

第35の発明は、第7の発明において、上記モータ6がブラシレスDCモータで構成されている。そして、上記同定手段20は、モータ6の電流、電圧、抵抗及びインダクタンスからなるモータモデルに基づいてパラメータを同定する。更に、上記導出手段21は、同定手段20が同定したパラメータに基づいてモータ温度を導出する。

上記第35の発明では、モータモデルを用いるので、磁石1bの温度を簡単な演算にて推定することができる。そして、この磁石1bの温度をもって、モータ温度として代用する。

第36の発明は、第35の発明において、上記同定手段20が、モータ6の磁石1bのN極の向きにd軸を定め、これより $\pi/2$ 進んだ方向にq軸をとり、三相PMSMのモータ基本電圧方程式を、電気角速度 ω で回転するd、q軸座標系に変換してモータ電圧方程式を求め、このモータ電圧方程式から磁石1bによる電機子鎖交磁束に関する磁束特性値を同定する。そして、上記導出手段21は、同定手段20が同定した磁束特性値に基づいて磁石1bの温度をモータ温度として導出する。

上記第36の発明では、温度センサを使用することなく、簡単な基本の演算式を利用して確実にモータ温度が推定される。

第37の発明は、第36の発明において、上記同定手段20がモータ電圧方程式から定常時の電圧方程式を求め、同定時に、この定常時の電圧方程式の電機子電流のd軸成分を0とする。

上記第37の発明では、定常時のモータ6の電圧方程式を求め、推定時に、

この電圧方程式において電機子電流のd成分を0としているので、演算要素が少なくなり、演算誤差が少なくなる。

第38の発明は、第35の発明において、上記冷媒回路には、圧縮機1の吐出管温度を検出する冷媒検出手段24が設けられている。そして、上記導出手段21が導出するモータ温度を圧縮機1の内部温度とし、温度検出手段24が検出した吐出管温度に基づいて上記導出手段21が導出した内部温度を較正する較正手段36を備えている。

上記第38の発明では、内部温度を較正するので、推定した温度の信頼性が向上する。また、この較正に使用する実際の温度は、圧縮機1の吐出管温度である。この吐出管温度は、冷媒回路の吐出管温度制御を行う場合に使用され、冷媒回路に吐出管温度を検出する温度センサが通常配置されている。このため、上記較正のために、別途温度センサを追加する必要がない。

〈発明の効果〉

したがって、本発明によれば、時間遅れすることなく実時間処理にて圧縮機1の内部状態を精度良く推定することができる。これにより、この内部状態から、内部的な特性の経時的な変化を検出し、故障発生を事前に予告したり、初期特性からの変化に着目して故障箇所を特定したり、故障原因を推定したりすることができる。すなわち、圧縮機1の内部状態を推定することによって、故障の予知又は診断などを実時間に精度良く行うことができ、圧縮機1の異常運転による破壊を予防し、圧縮機1の信頼性の向上を達成できる。

また、第2の発明によれば、モータモデルのパラメータを同定し、この同定したパラメータに基づいて内部状態を導出するので、内部状態をより正確に推定することができる。この結果、異常運転の回避などを正確に行うことができる。

また、第3の発明によれば、軸受異常や潤滑不良を推定するので、例えば、異常時に運転周波数の低下など、運転条件を緩和した状態に移行させることができる。この結果、厳しい損傷を回避することができる。

また、第4の発明によれば、モータ温度を推定するので、温度検出用センサを必要としない。しかも、回転位置を推定するためのデータを用いるようにする

と、他の構成の付加もあまり必要としない。これにより、低コストにてモータ温度を得ることができる。そして、例えば、この推定したモータ温度から、モータが正常に駆動しているか否かの判断を行うことができる。異常であれば、モータが故障等を起こす場合があるので、故障を起こす前に運転を中止して、故障を回避することができる。

また、第5の発明によれば、ブラシレスDCモータを使用するので、内部状態をより正確に推定することができる。

また、第6の発明によれば、圧縮機1の内部状態を精度良く推定することができるので、過剰な設計を回避し、冷媒回路の性能を十分発揮させることができる。

また、第7の発明によれば、モータモデルのパラメータを同定し、この同定したパラメータに基づいて内部状態を導出するので、圧縮機1の内部状態をより正確に推定することができる。この結果、冷媒回路の異常運転などを確実に回避することができる。

また、第8の発明によれば、ブラシレスDCモータを使用するので、内部状態をより正確に推定することができる。

また、第9の発明によれば、モータ駆動トルクを推定するので、このモータ駆動トルクから冷媒回路の冷媒圧力等を推定することができる。これにより、圧縮機1の異常運転を回避することができる。

また、第10の発明によれば、冷媒回路の高圧冷媒圧力等を推定するので、この冷媒圧力から冷媒回路の運転状態を把握することができる。この結果、圧力異常の運転を回避することができ、圧縮機1の故障等を防止することができる。

また、第11の発明によれば、推定した冷媒圧力の信頼性が高いので、異常状態の運転を確実に回避することができ、圧縮機1の故障等を確実に防止することができる。

また、第12の発明によれば、圧縮機1の吸入過熱度を推定するので、吸入過熱度が不適切であれば、適切な吸入過熱度に調整して過度の過熱運転や湿り運転を回避することができる。

また、第13の発明によれば、軸受異常や液圧縮のような衝撃荷重が加わっ

たことを推定するので、その際、例えば、圧縮機1の運転周波数を低下させることができ。この結果、運転条件を緩和した運転状態に移行するので、厳しい損傷を回避することができる。

また、第14の発明によれば、電流の高周波成分により軸受異常や液圧縮などを安定して推定することができる。これにより、衝撃荷重が加わる状態の運転を回避し、圧縮機1の故障等を防止することができる。

また、第15の発明によれば、電流の高周波成分のひずみ量により軸受異常や液圧縮などを安定して推定することができる。これにより、異常運転を確実に回避することができ、圧縮機1の故障等を確実に防止することができる。

また、第16の発明によれば、電流の高周波成分の上昇により衝撃荷重の発生を推定するので、圧縮機1の内部状態を簡単にかつ精度良く推定することができる。これにより、異常運転を確実に回避することができ、圧縮機1の故障等を確実に防止することができる。

また、第17の発明によれば、基準値を冷媒状態に対応して設定するので、推定する内部状態の信頼性の向上を図ることができる。これにより、圧縮機1の故障等を確実に防止することができる。

また、第18の発明によれば、潤滑不良や液圧縮を推定するので、その際、例えば、圧縮機1の運転周波数の低下等を行うことができる。この結果、運転条件を緩和した状態に移行し、厳しい損傷を回避することができる。

また、第19の発明によれば、電流の上昇率によって潤滑不良や液圧縮が発生を推定するので、異常運転を確実に回避することができ、圧縮機1の故障等を防止することができる。

また、第20の発明によれば、モータ6の定常電流と検出電流とを比較するので、潤滑不良等の圧縮機1の内部状態を精度良く推定することができる。これにより、異常運転を確実に回避することができ、圧縮機1の故障等を確実に防止することができる。

また、第21の発明によれば、モータ駆動トルクの上昇でもって、潤滑不良等の圧縮機1の内部状態を推定するので、異常運転を正確に回避することができ、圧縮機1の故障等を確実に防止することができる。

また、第22の発明によれば、モータ6の定常トルクと同定したモータ駆動トルクとを比較するので、潤滑不良等の圧縮機1の内部状態を精度良く推定することができる。これにより、異常運転を確実に回避することができ、圧縮機1の故障等を確実に防止することができる。

また、第23の発明によれば、圧縮機1の内部状態の情報を出力するので、この内部状態をユーザ等が確実に把握することができる。

また、第24の発明によれば、圧縮機1の保護運転を行うので、圧縮機1の故障等を防止することができ、耐久性の向上を図ることができる。

また、第25の発明によれば、インバータ制御を変化させて保護運転を行うので、圧縮機1の故障等を確実に防止することができる。

また、第26の発明によれば、冷媒回路の制御に優先して圧縮機1を保護するので、耐久性が向上し、長期にわたって安定した運転が可能となる。

また、第27の発明によれば、定常運転に戻しても異常運転とならない場合に、定常運転に戻すことができる。これにより、推定した内部状態が正常であれば、通常運転を行うことができ、空調運転の高効率化を図ることができる。

また、第28の発明によれば、故障診断を行うので、故障箇所を特定したり、故障原因を推定したりすることができる。これにより、その後、故障箇所を修理したり、故障原因を除去したりすることができ、故障状態の運転を回避することができる。

また、第29の発明によれば、故障診断の結果を記憶するので、運転停止後等において、診断結果を利用して故障箇所の修正等を行うことができる。

また、第30の発明によれば、故障予知を行うので、この故障予知に基づいて、故障となる異常運転を回避することができる。

また、第31の発明によれば、予知情報を出力するので、ユーザ等は故障予知を知ることができ、その後に故障となる運転を回避することができる。

また、第32の発明によれば、制御内容等を変更するので、高効率の運転を行うことができ、ランニングコストの低減を図ることができる。

また、第33の発明によれば、冷媒回路の運転状態を推定するので、異常運転を確実に回避することができ、圧縮機1の故障等を確実に防止することができ

る。

また、第34の発明によれば、モータ温度を推定するので、冷媒回路における温度検出用センサを省略することができる。しかも、モータ6の回転位置を推定するためのデータを用いると、他の構成の付加を回避することができる。これにより、低成本にてモータ温度を得ることができる。そして、モータ温度が推定できれば、例えば、この推定したモータ温度から、このモータが正常に駆動しているか否かの判断を行うことができる。そして、異常であれば、このモータが故障を起こす前に運転を中止し、故障を回避することができる。

また、第35の発明によれば、磁石1bの温度を簡単な演算にて推定することができる。そして、この磁石1bの温度をもって、モータ温度とすることができる。このため、この推定したモータ温度の信頼性が高いことになる。

また、第36の発明によれば、温度センサを使用することなく、簡単な基本の演算式を利用して確実にモータ温度を推定することができる。

また、第37の発明によれば、定常時のモータ電圧方程式を求め、推定時に、このモータ電圧方程式において電機子電流のd成分を0とするので、演算要素を少なくして、演算誤差を少なくすることができる。これにより、高精度に温度を推定できる。

また、第38の発明によれば、推定した温度を較正するので、信頼性を向上させることができる。これにより、圧縮機1が正常状態で駆動している場合に、異常を判断したり、逆に、圧縮機1が異常状態で駆動している場合に、正常と判断したりすることがなくなる。

また、この較正に使用する実際の温度は、圧縮機1の吐出管温度である。この吐出管温度は、冷媒回路の吐出管温度制御を行う場合に使用され、冷媒回路に吐出管温度を検出する温度センサが配置されている。したがって、較正のために、別途温度センサを追加する必要がなく、コスト低減に寄与する。

図面の簡単な説明

図1は、圧縮機の駆動装置の実施形態1を示す簡略図である。

図2は、圧縮機の駆動装置を用いた空気調和装置の簡略図である。

図3は、空気調和装置のトルクと高圧との関係を示す図である。

図4は、空気調和装置のトルクと過熱度との関係を示す図である。

図5は、空気調和装置の油希釈度と電流との関係を示す図である。

図6は、空気調和装置のトルク等と時間との関係を示す図である。

図7は、空気調和装置のトルクと油希釈度との関係を示す図である。

図8は、実施形態1の駆動装置の変形例を示す簡略図である。

図9は、図8の駆動装置の瞬時電流の高調波成分を示す波形図である。

図10は、圧縮機の駆動装置の他の変形例を示す簡略図である。

図11は、圧縮機の駆動装置の実施形態2を示す簡略図である。

図12は、実施形態2の駆動装置を用いた空気調和装置の簡略図である。

図13は、実施形態2の圧縮機を一部削除して示す斜視図である。

図14は、プラスレスDCモータの概略平面図である。

図15は、プラスレスDCモータの回転座標モデルを示す図である。

図16は、モータ電圧方程式から磁石による電機子鎖交磁束に関する磁束特性値を求めるための図である。

図17は、磁束特性値と温度との関係を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

次に、この発明の具体的な実施の形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

〈実施形態1〉

図1は、圧縮機1の内部状態の推定装置（推定手段）28を備えた圧縮機1の駆動装置40の簡略図を示す。この推定装置28を備えた圧縮機1の駆動装置40は、図2に示す冷凍装置である空気調和装置に使用される。

この空気調和装置は、圧縮機1と室外熱交換器2と膨張弁（電動膨張弁）3と室内熱交換器4を順次接続した冷媒回路である冷媒循環回路（冷媒システム）を備えている。上記冷媒循環回路は、四路切換弁5を切換えることによって、冷房運転と暖房運転とが可能である。また、室外熱交換器2及び室内熱交換器4にそれぞれ温度検出手段22、23が設けられ、各熱交換器2、4の冷媒温度は、

が検出される。なお、各温度検出手段 22、23 は温度サーミスタ等の温度センサから構成されている。

上記圧縮機 1 は、図 1 に示すように、U 相 7 と V 相 8 と W 相 9 の 3 相のコイル 10 と、インバータ 11 を有するブラシレス DC モータ 6 を備えている。なお、インバータ 11 は正弦波 PWM 制御方式である。また、上記インバータ 11 は、交流入力電力を AC-DC 変換回路部 12 にて直流に変換し、平滑回路部 13 にて平滑にし、DC-AC 変換回路部であるインバータ部 14 にて任意の周波数の交流電力に変換する。上記インバータ 11 は、インバータ制御手段（図示省略）からのインバータ信号によって制御され、インバータ部 14 のトランジスタの ON・OFF のパターンを変えることによって、周波数と電圧を制御する。

上記モータ 6 の 3 相コイル 10 に流れる瞬時電流は、電流検出器（電流センサ）16 にて検出され、モータ 6 の 3 相コイル 10 に加わる瞬時電圧は、電圧検出器（電圧センサ）17 にて検出される。この場合、電流検出器 16 と電圧検出器 17 は、検出手段を構成し、AC-DC 変換回路部 12 と平滑回路部 13 の間に設けられている。電圧は、トランジスタの ON/OFF 比と DC 電圧からの演算で求められ、電流は、トランジスタのスイッチパターンと DC 電流から求められる。

ところで、上記空気調和装置において、冷房運転を行う場合には、四路切換弁 5 を図 2 の実線で示す状態に切換えて圧縮機 1 のモータ 6 を駆動する。これにより、この圧縮機 1 からの吐出冷媒が、室外熱交換器 2 を通過した後、膨張弁 3 で減圧膨張して、室内熱交換器 4 を通過し、圧縮機 1 に戻る。この際、室外熱交換器 2 が凝縮器として機能すると共に、室内熱交換器 4 が蒸発器として機能して、冷房運転が行われる。

また、暖房運転を行う場合には、四路切換弁 5 を図 2 の破線で示す状態に切換えて圧縮機 1 のモータ 6 を駆動する。これにより、この圧縮機 1 からの吐出冷媒が、室内熱交換器 4 を通過した後、膨張弁 3 で減圧膨張して、室外熱交換器 2 を通過し、圧縮機 1 に戻る。この際、室内熱交換器 4 が凝縮器として機能すると共に、室外熱交換器 2 が蒸発器として機能して、暖房運転が行われる。

そして、各運転中には、圧縮機 1 の加減速や負荷の急激な変動や、圧縮機 1

以外の他の機器の動作不良による不適切な条件での運転により、圧縮機1内部の損傷による故障を生じることがある。そこで、上記推定装置28は、圧縮機1の内部状態を推定することによって、故障発生を事前に予知したり、故障箇所を特定したり、又は故障原因を推定する。

すなわち、図1に示す推定装置28は、コイル10の瞬時電流及び／又は瞬時電圧の検出値から圧縮機の内部状態を推定するものである。そして、上記推定装置28は、演算装置である演算手段20と、記憶装置である記憶手段21を備えている。なお、上記演算手段20及び記憶手段21等はマイクロコンピュータにて構成されている。

上記演算手段20は、電流検出器16及び電圧検出器17の検出値からモータモデルのパラメータを同定する同定手段を構成している。具体的に、上記演算手段20は、モータモデルからモータ駆動トルクを同定している。

上記記憶手段21は、演算手段20が同定したパラメータに基づいて内部状態を導出するように構成されている。具体的に、上記記憶手段21は、冷媒温度や冷媒圧力を導出する。

ブラシレスDCモータ6におけるモータ駆動トルクの同定である演算は、インダクタンスと電流値とからなる演算式を用いる場合と、磁束と電流値とからなる演算式を用いる場合等がある。

インダクタンスと電流値とからなる演算式は、次の式(1)から式(4)を用いて式(5)のように表される。すなわち、瞬時電圧Vは式(1)で表すことができ、また、磁束φは式(2)で表すことができ、磁束のベクトルの向きは、式(3)及び式(4)で表すことができる。

$$V = L \times dI / dt + d\phi / dt \quad \dots (1)$$

L : インダクタンス

φ : 磁束

$$\phi = \int V dt + L \times I \quad \dots (2)$$

$$\phi \cos \theta = \int V \alpha dt + L \times I \alpha \quad \dots (3)$$

$$\phi \sin \theta = \int V \beta dt + L \times I \beta \quad \dots (4)$$

そして、この式(1)～式(4)からθ、つまり検出した瞬時電流I、瞬時

電圧 V に基づいてモータ位置（ロータ位置） θ を推定することができる。このとき使用した検出値や定数をそのまま用い、さらには、圧縮機 1 の入力電流 i_u 、 i_v 、 i_w を座標変換した電流値 i_d 、 i_q を求め、これらによって、式（5）のように、モータ駆動トルク T_m が求まる。

$$T_m = P \times \{\phi a + (L_d - L_q) \times i_d\} \times i_q \quad \dots (5)$$

P ：極対数

i_d 、 i_q ：圧縮機入力電流を座標変換した電流値

ϕa ：永久磁石による鎖交磁束

L_d ：d 軸インダクタンス

L_q ：q 軸インダクタンス

また、磁束と電流値とからなる演算式は、一次磁束と電流の外積で固定子に働くトルクを求めるものであり、モータ 6 の回転子トルクは固定子トルクの反力となる。このため、次の式（6）のように表すことができる。

$$T_m = P \times (\lambda \alpha \times i \beta - \lambda \beta \times i \alpha) \quad \dots (6)$$

P ：極対数

$\lambda \alpha$ 、 $\lambda \beta$ ：一次磁束（モータ端子電圧の時間積－抵抗での電圧降下）

$i \beta$ 、 $i \alpha$ ：一次電流（モータ線電流）

なお、この式（6）において、 α 、 β は、固定座標系であり、 u 、 v 、 w の 3 相を 2 相に変換している。また、 $\lambda \alpha$ は次の式（7）で算出され、 $\lambda \beta$ は次の式（8）で算出される。

$$\lambda \alpha = \int V \alpha dt \quad \dots (7)$$

$$\lambda \beta = \int V \beta dt \quad \dots (8)$$

一方、冷媒循環回路の冷媒状態である冷媒システムの温度情報（温度検出手段 22、23 から検出される蒸発温度や凝縮温度）は、上記記憶手段 21 に入力される。また、図 3 に示すように、予め、圧縮機 1 の回転数毎に、複数の蒸発温度 T_e に対応するトルク－高圧線図（トルク－凝縮温度線図）が作成され、この線図が記憶手段 21 に入力されている。このため、上記推定装置 28 は、このグラフに基づいて、算出したモータ駆動トルク T_m と、蒸発温度 T_e とから凝縮温度 T_c を推定し、この凝縮温度 T_c から冷媒特性に基づいて凝縮圧力（高圧冷媒

圧力) P_c を推定することができる。

例えば、圧縮機 1 の回転数が 60 rps であって、蒸発温度 T_e が 10 °C である場合に、モータ駆動トルク T_m が 10 Nm であれば、凝縮温度 T_c を約 50 °C と推定することができる。

また、圧縮機 1 の回転数毎に、複数の凝縮温度 T_c に対応するトルク-低圧線図 (トルク-蒸発温度線図) を作成し、このグラフに基づいて、モータ駆動トルク T_m と、凝縮温度 T_c とから蒸発温度 T_e を推定し、この蒸発温度 T_e から蒸発圧力 (低圧冷媒圧力) P_e を推定することもできる。

このように凝縮温度 T_c や蒸発温度 T_e を推定することが可能であり、この制御によって次のような利点が生じる。すなわち、従来のように凝縮温度 T_c や蒸発温度 T_e を測定する場合には、測定部の温度が定常温度に至るまでには、相当な時間遅れが生じて、正確な温度が得られなかった。これに対し、モータ駆動トルクから高圧冷媒圧力又は定圧冷媒圧力を推定する場合には、このような時間遅れがない。そのため高低圧異常の保護制御も遅れることなく行うことができる。この結果、厳しいダメージを回避することができる。

なお、この制御によって得られる凝縮温度 T_c や蒸発温度 T_e を、凝縮温度 T_c や蒸発温度 T_e を測定するセンサの異常の有無を判定するために利用してもよい。

また、冷媒システムの所定の温度条件及び/又は圧力条件毎にモータ駆動トルクと吸込過熱度との関係を把握しておいてもよい。この場合、検出したモータ駆動トルクとそのときの温度情報及び/又は圧力情報に基づいて、運転中の圧縮機 1 の吸込過熱度を推定することができる。すなわち、例えば、所定の凝縮圧力 P_c 及び蒸発圧力 P_e 毎に、モータ駆動トルク T_m と吸込過熱度 S_H の関係を把握し、トルク-過熱度線図を予め作成しておく。そして、検出した凝縮圧力 P_c 及び蒸発圧力 P_e から図 4 に示すような特定の関係線図を選択し、把握 (算出) したモータ駆動トルク T_m からそのときの吸込過熱度を推定する。

したがって、この図 4 のトルク-過熱度線図は、横軸を吸込過熱度とし、縦軸をモータ駆動トルクとしているので、例えば、トルクが図 4 の T_{mot} であれば、この T_{mot} の吸込過熱度を表す軸 (横軸) の値から吸込過熱度を推定することができる。

できる。これにより、推定した吸入過熱度が不適切であれば、適切な吸入過熱度に調整して過度の過熱運転や湿り運転を回避することができる。

また、上記推定装置 28 は、モータ駆動トルク又はモータ駆動電流と冷媒システムの温度情報及び／又は圧力情報から定常状態（定常状態瞬時トルク又は定常状態瞬時電流）を予め検出するようにしてもよい。そして、この定常状態のデータを記憶手段 21 に入力しておき、このデータのテーブルと、検出した瞬時トルク又は瞬時電流を比較することによって、潤滑不良や液圧縮等の内部状態を推定してもよい。

すなわち、すべり面の摩擦特性は、潤滑不良時に摺動面が荒れて、摩擦抵抗が大きくなる。この場合、この図 5 の範囲 H2 に対応する部分は、破線で示す通常電流に対して増加する。また、図 7 の油希釀度とトルクとの関係を示すグラフにおいては、通常トルクに対して範囲 H3 で増加している。

また、液圧縮等では、図 6 に示すように、トルクまたは電流に大きな上昇が発生する。ここで、大きな上昇とは、予め設定された所定量を越える上昇である。そのため、圧縮機 1 の軸受異常時における負荷トルクが通常時よりも大きく増加することによって、潤滑不良や液圧縮等が発生していることを検出することができる。この場合、圧縮機 1 の運転周波数の低下等を行い、異常運転を回避することができる。

なお、上記のようにトルクや電流の増加量の大小によって異常運転を推定する代わりに、トルクまたは電流が急激に増加することを利用しててもよい。つまり、トルク等の単位時間当たりの増加量（上昇率）が基準量を越えることによって、異常運転であることを推定するようにしてもよい。

また、瞬時電流は正弦波で表すこともでき、この電流波形が図 9 に示すように、異常波形となれば、軸受異常もしくは液圧縮など衝撃荷重が加わったと推定することができる。すなわち、軸受異常もしくは液圧縮など衝撃荷重が加われば、電流波形には、図 9 のように、ひずみが生じ、いわゆる「ひげが立つ」ことになる。したがって、波形を検出し、この波形にひげが立っていれば、衝撃荷重が加わったと推定することができる。

すなわち、検出した瞬時電流の高調波成分の分析による正弦波に対するひず

み量に基づいて圧縮機1の内部状態を推定する。ことにより、瞬時電流の乱れに基づいて潤滑不良等であることを推定することができる。

また、このようにひずみ量に基づいて潤滑不良等であることを推定する他、機械回転周波数毎の繰返し量をもって判断することもできる。すなわち、一定量以上のひずみが繰返される繰返し数、あるいは繰返し発生するひずみ量の総和量によって判断可能である。

したがって、上記推定装置28としては、図8に示す変形例のように、記憶手段21が冷媒システムからの温度情報及び／又は圧力情報に応じた閾値（所定基準値）を記憶すると共に、演算手段20が瞬時電流の高調波成分を分析することができるものであればよい。

これによって、この閾値と、検出した瞬時電流高調波成分波形とを比較して、潤滑不良や液圧縮等を推定する。そして、そのような場合に圧縮機1の運転周波数の低下等を行い、異常運転を回避することができる。しかも、この場合、上記閾値（所定基準値）は、冷媒システムからの温度情報と圧力情報に応じるものであり、推定する内部状態の信頼性の向上を図ることができる。これにより、圧縮機の故障を確実に防止することができる。

〈変形例〉

次に、図10は、実施形態1の変形例である他の空気調和装置を示している。この場合、先ず、モータ6の3相コイル10の瞬時電流及び／又は瞬時電圧を検出し、この検出値から圧縮機1の内部状態を推定する。この推定した内部状態に基づいて、圧縮機1を駆動するためのインバータ制御手段26のインバータ信号を変化させ、圧縮機1の保護運転を行う。ここで、圧縮機1の保護運転とは、故障回避運転であり、潤滑不良や液圧縮等が生じないような運転をいう。

具体的に、圧縮機1は、モータ6と、インバータ11と、モータ6に加わる瞬時電流及び／又は瞬時電圧を検出する検出手段としてのセンシング25と、インバータ制御手段26と、制御部27とを備えている。この制御部27は、推定装置28と、この推定装置28からの指令を受ける故障回避制御手段29を備えている。上記推定装置28は、記憶手段21を備えると共に、図示しないが、上

記図1の演算手段20を備えている。なお、他の構成は、図1に示す空気調和装置を同様であるので、同一部分を同一符合にて示してその説明を省略する。

このように、図10に示す空気調和装置においても、モータ6のコイル10の瞬時電流及び／又は瞬時電圧を検出し、この検出値から圧縮機の内部状態（潤滑不良や液圧縮等）を推定する。そして、この圧縮機の内部状態の情報が故障回避制御手段29に入力される。

この故障回避制御手段29は、予め設定された冷媒システムモデルからのデータが記憶されている。そして、故障回避制御手段29は、冷媒システムの運転制御を行う冷媒システム制御手段30からの指令信号が入力される。

したがって、この図10の空気調和装置では、圧縮機1の内部状態が推定され、冷媒システムモデルに基づき冷媒循環回路の運転状態が推定される。そして、例えば、上記推定が潤滑不良であれば、潤滑不良とならないように、故障回避制御手段29から圧縮機1の制御手段26に制御信号を出力する。このため、例えば、制御内容であるモータ6の回転数を変更する制御や、冷媒システム制御手段30のシステム制御指令値（運転制御パラメータ）を変更する制御を行い、異常運転を回避する。

ところで、空調運転する場合、冷媒システム制御手段30にて各種機器の制御が行われる。その際、圧縮機1の内部状態が推定され、潤滑不良等の異常運転が行われていると推定された際には、この冷媒システム制御手段30の運転制御よりも優先し、インバータ制御手段26の制御（圧縮機1の保護運転）が優先する。これにより、圧縮機1の故障回避の信頼性を向上させることができる。

そして、推定した内部状態が正常状態に戻っていれば、上記保護運転から定常運転に回復させる。すなわち、故障回避制御手段29は、切換手段（図示省略）を備えている。この切換手段は、潤滑不良等の異常運転が行われると推定された際に、圧縮機1の保護運転とし、正常状態に戻っていると推定された際に、定常運転とする。これにより、空気調和装置として高効率の運転が可能となる。

また、上記故障回避制御手段29は、推定した圧縮機1の内部状態に基づいて、装置故障診断を行うようにしてもよい。ここで、故障診断とは、検出した瞬時電流の乱れから潤滑不良であると診断したり、検出した瞬時電流の変化から液

圧縮であると診断したり、さらには、高低圧を推定して吸入過熱度異常であると診断したりすることである。そして、この診断結果は、記憶手段21に記憶される。これにより、運転停止後等において、この装置故障診断の結果を利用して故障箇所の修正等を行うことができる。

このように、図10に示す空気調和装置では、故障診断を行うことができ、しかも、故障診断の信頼性が高く、この故障診断から、故障箇所を特定したり、故障原因を推定したりすることができる。これにより、その後、故障箇所を修理したり、故障原因を除去したりすることができ、故障した状態での運転を回避することができる。

さらに、故障回避制御手段29は、故障であると診断できないが、このままの状態での運転を継続すれば、故障するであろうと予想できる場合においては、故障予知を行う。ここで、故障予知とは、例えば、検出した瞬時電流の乱れから潤滑不良であろうと予知することである。そして、この故障予知の情報は通信手段31によって外部（つまり、ユーザ等）に連絡される。通信手段31は、例えば、ユーザ等にこの故障予知情報を知らせるための表示手段（表示ライトの点滅、音発生）等にて構成される。

このため、この図10に示す空気調和装置では、故障予知を行うことができ、しかも、この故障予知の信頼性が高く、この故障予知に基づいて、故障となる異常運転を回避することができる。さらに、故障予知の情報を通信手段31にて外部へ連絡することができるので、ユーザ等は、故障予知の情報を知ることができ、その後の対策を立てることができる。

〈実施形態1の他の変形例〉

以上、この発明の実施形態1について説明したが、この発明は上記実施形態1に限定されるものではなく、この発明の範囲内で種々変更して実施することができる。

例えば、図1に示す空気調和装置では、高低圧、吸入過熱度、潤滑不良、液圧縮等を推定するものであるが、これら単独の推定であっても、これらから複数の任意の組み合わせであってもよい。

また、図10に示す空気調和装置では、圧縮機1の保護運転、故障診断、故障予知が可能であるが、保護運転を行って、故障診断や故障予知を行わないもの、故障診断を行って、保護運転や故障予知を行わないもの、故障予知を行って、保護運転や故障診断を行わないもの、さらには、これらから任意に組み合わせて行うもの等であってもよい。

また、内部状態を推定するための瞬時電流の急激な上昇の基準となる所定量、内部状態を推定するためのモータ駆動トルクの急激な上昇の基準となる所定量等の変更は、異常運転とならない範囲で任意に変更することができる。

さらに、圧縮機1の駆動装置40として、推定されたモータ駆動トルク、温度、高圧圧力、低圧圧力、軸潤滑状態等の情報を出力する機能を持つものであっても、さらには冷媒システムの情報を入力することで、精度向上やシステム最適運転のための情報を算出するものであってもよい。

このように、推定されたモータ駆動トルク等の情報を出力することができれば、圧縮機1の内部状態をユーザ等が確実に把握することができ、精度向上やシステム最適運転のための情報を算出することで、精度向上を達成できると共に、システム最適運転を行うことができる。

なお、モータ6として、ブラシレスDCモータに限るものではない。

また、モータモデルを用いて圧縮機1の内部状態を推定する場合、アクチュエータ、圧力センサ、圧力スイッチ又は吸入管温度センサを削除することができる。

具体的に、上述したように、圧縮機1の液圧縮を推定する場合、図2において、アクチュエータを設けなくともよい。例えば、モータモデルのパラメータであるモータ駆動トルクを同定し、このモータ駆動トルクから液圧縮を推定する。つまり、液バックを推定する。したがって、冷媒循環回路にアクチュエータを設けることなく、液バックを回避することができる。

特に、この場合、圧縮機1がロータリ圧縮機である場合に適している。ローリングピストン型圧縮機の他、ピストンとブレードとが一体となつたいわゆるスイング型圧縮機は、1回転1圧縮の構成であるので、圧縮速度が速く、液バックの急激な圧力上昇が重大な課題である。本実施形態1の如く、液バックを推定す

るようになると、アキュムレータを省略した上で、液バックを確実に回避することができる。

また、モータ駆動トルクを同定し、このモータ駆動トルクから冷媒圧力を推定する場合、圧縮機1の吐出側に設ける高圧圧力センサ及び高圧圧力スイッチを省略することができる。また、圧縮機1の吸入側に設ける低圧圧力センサを省略することができる。

また、モータ駆動トルクを同定し、このモータ駆動トルクから圧縮機の冷媒過熱度を推定する場合、圧縮機1の吸入側に設ける吸入管温度センサを省略することができる。

〈実施形態2〉

次に、本発明の実施形態2について図面に基づき説明する。なお、本実施形態2は、図1の実施形態1と相違部部についてのみ説明する。つまり、本実施形態2において、図1の実施形態1と同一部分については、同一符号で示し、その詳細な説明は省略する。

図11に示すように、インバータ部14には、実施形態1の電流検出器16及び電圧検出器17に代わり、検出手段15が設けられている。該検出手段15は、ブラシレスDCモータ6の3相コイル10の電流及び電圧を検出する。上記検出手段15は、例えば、電流を検出することが可能な電流検出センサ等にて構成される電流検出部と、電圧を検出することが可能な電圧検出センサ等にて構成される電圧検出部とを有している。

上記圧縮機1は、図13に示すように、スクロール形であって、そのブラシレスDCモータ6が、コイルである電機子10と、ロータ(回転子)1aとを有している。この場合、ブラシレスDCモータ6の回転子1aは、図14に示すように内部に磁石(永久磁石)1b…が埋め込まれた埋込磁石構造に構成されている。ところで、永久磁石同期モータ(PMSM: Permanent Magnet Synchronous Motor)は、直流モータのブラシと整流子による機械的整流を半導体のスイッチング作用に置き換えたモータであり、ブラシレスDCモータと呼ぶ。また、PMSMは、機械的整流作用を半導体のスイッチング作用で置き換えたため、磁石(永

久磁石) 1 b をロータ側に、電機子 1 0 をステータ側に設けた回転界磁形の構造となる。そして、このブラシレス D C モータ 6 は、電流、電圧及び機器定数を用いて回転子 1 a の回転位置を推定し、その回転位置推定結果に基づいて制御される。

なお、図 12 に示す冷媒システムにおいて、圧縮機 1 の吐出管 18 には、温度検出手段 24 が設けられている。該温度検出手段 24 は、圧縮機 1 の吐出管温度を検出している。

一方、推定装置 28 は、モータ温度推定装置に構成され、推定されたモータ温度を圧縮機 1 の内部温度と推定する。そして、この推定装置 28 は、上記検出手段 15 と、演算装置である演算手段 20 と、記憶装置である記憶手段 21 と、機器定数入力手段 35 とを備えている。

この場合、モータ温度の推定は、モータ 6 の電流、電圧及び機器定数から回転子 1 a の磁石 (永久磁石) 1 b の温度を推定するものである。具体的に、モータ温度は、モータ 6 の電流と電圧と機器定数である抵抗及びインダクタンスとかなるモータモデル (回転座標モデル) を用いて推定される。

つまり、上記演算手段 20 は、モータモデルのパラメータである磁石 1 b の電機子鎖交磁束に関する磁束特性値を同定するように構成されている。

上記記憶装置 21 は、同定された磁束特性値からモータ温度を推定する。この際、式 (9) に示すような PM 同期モータの電圧方程式を使用する。

(以下、この頁余白)

$$\begin{bmatrix} vu \\ vv \\ vw \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ra+pLu & pMuv & pMwu \\ pMuv & Ra+pLv & pMvw \\ pMwu & pMvw & Ra+pLw \end{bmatrix} \begin{bmatrix} iu \\ iv \\ iw \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \omega \psi f \sin \theta \\ \omega \psi f \sin \left(\theta - \frac{2}{3} \pi \right) \\ \omega \psi f \sin \left(\theta + \frac{2}{3} \pi \right) \end{bmatrix} \dots (9)$$

ただし、
 L_u, L_v, L_w : 各相の自己インダクタンス
 M_{uv}, M_{vw}, M_{wu} : 相間の相互インダクタンス
 $\theta = \omega t$: d軸のU相からの進み角
 ω : 電気角速度
 ψ_f : 一相あたりの永久磁石による電機子鎖交磁束の最大値
 $v_{u,v,v}$: 各相の電機子電圧
 $i_{u,v,w}$: 各相の電機子電流
 $p = \frac{d}{dt}$: 微分演算子
 R_a : 電機子巻線抵抗

すなわち、図15に示すような三相のPMSMの2極の基本モデル（回転座標モデル）のように、磁石1bのN極の向きにd軸を定め、これより $\pi/2$ 進んだ方向にq軸をとる。この際、U相巻線を基準に時計廻りにとったd軸の進み角を θ とすると、電機子自己インダクタンスは式（10）の数式となり、相互インダクタンスは式（11）となり、磁石1bの電機子鎖交磁束は式（12）となる。

（以下、この頁余白）

$$\left. \begin{aligned} L_u &= l_a + L_a - L_a \cos 2\theta \\ L_v &= l_a + L_a - L_a \cos \left(2\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \\ L_w &= l_a + L_a - L_a \cos \left(2\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \end{aligned} \right\} \cdots (10)$$

ただし、 L_u, L_v, L_w ：各相の自己インダクタンス

l_a ：一相あたりの漏れインダクタンス

L_a ：一相あたりの有効インダクタンスの平均値

L_{as} ：一相あたりの有効インダクタンスの振幅

$\theta = \omega t$ ：d軸のU相からの進み角

ω ：電気角速度

$$\left. \begin{aligned} M_{uv} &= -L_a - \frac{1}{2} L_a \cos \left(2\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \\ M_{vw} &= -L_a - \frac{1}{2} L_a \cos 2\theta \\ M_{wu} &= -L_a - \frac{1}{2} L_a \cos \left(2\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \end{aligned} \right\} \cdots (11)$$

ただし、 M_{uv}, M_{vw}, M_{wu} ：相間の相互インダクタンス

$$\left. \begin{aligned} \psi_{fu} &= \psi_f \cos \theta \\ \psi_{fv} &= \psi_f \cos \left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \\ \psi_{fw} &= \psi_f \cos \left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \end{aligned} \right\} \cdots (12)$$

ただし、 $\psi_{fu}, \psi_{fv}, \psi_{fw}$ ：各相の永久磁石の電機子鎖交磁束

ψ_f ：一相あたりの永久磁石による電機子鎖交磁束の最大値

この式(10)から式(12)から上記式(9)を得ることができる。また、三相座標系からd、q座標系に変換する変換行列は次の式(13)となる。この変換行列を用いて、上記数1の基本電圧方程式を、電気角速度 ω で回転するd、q軸座標系に変換すれば、PMSMの電圧方程式は次の式(14)となる。

$$C = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos \left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) & \cos \left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \\ -\sin \theta & -\sin \left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) & -\sin \left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \end{bmatrix} \cdots (13)$$

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_a + pL_d & -\omega L_d \\ \omega L_d & R_a + pL_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \omega \psi \end{bmatrix} \cdots (14)$$

ただし、 $\psi = \sqrt{\frac{3}{2}} \psi_f = \sqrt{3} \psi_e$

ψ_e ：永久磁石による電機子鎖交磁束の実効値

v_d, v_q ：電機子電圧のd,q軸成分

i_d, i_q ：電機子電流のd,q軸成分

$$L_d = L_a + \frac{3}{2} (L_a - L_{as}) : d\text{軸インダクタンス}$$

$$L_q = L_a + \frac{3}{2} (L_a + L_{as}) : q\text{軸インダクタンス}$$

また、定常時においては、上記式(14)において、微分演算子 p が0となるので、この定常時のモータ電圧方程式は次の式(15)となる。

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & -\omega L_q \\ \omega L_d & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \omega \psi \end{bmatrix} \cdots (15)$$

そして、式(15)において ψ を求め、この ψ から磁石1bの温度を推定する。ここで、 ψ は、磁石1bによる電機子鎖交磁束に関する磁束特性値である。具体的には、 $\psi = \sqrt{3}\psi_e$ で求めることができ、 ψ_e は永久磁石による電機子鎖交磁束の実効値である。この際、図16のように、 β を0として電流位相を0とした場合において、 i_d （電機子電流のd軸成分）を0とすれば、 v_q （電機子電圧のq軸成分）は次の式(16)となって、これから式(17)のように、上記 ψ を求めることができる。この ψ が求まれば、図17のような、 ψ と温度との関係を示す線図（磁束-温度線図）から温度（磁石の温度）を推定することができる。すなわち、この線図は、実際の温度に対する ψ の値であり、予め作成してこれを上記記憶手段21に入力しておく。そして、上記演算手段20にてこの ψ が演算されれば、この演算結果が記憶手段21に入力され、これにより、モータ温度を推定する。

$$v_q = R \times i_q + \omega \times \psi \quad \dots (16)$$

$$\psi = (v_q - R \times i_q) / \omega \quad \dots (17)$$

また、通常制御時は、 v_q は次の式(18)となって、これから式(19)のように、 ψ を求めることができる。そして、上記線図（磁束-温度線図から、この求めた ψ に基づいて温度（磁石の温度）を推定することができる。ところで、上記演算においては、モータ電流と電圧とは検出手段15に検出され、このモータ電流及び電圧と、機器定数入力手段35からの機器定数である抵抗及びインダクタンスとが演算手段20に入力される。このため、上記の各演算式に必要なデータ（数値）を確実に得ることができる。

$$v_q = \omega \times L_d \times i_d + R \times i_q + \omega \times \psi \quad \dots (18)$$

$$\psi = (v_q - \omega \times L_d \times i_d - R \times i_q) / \omega \quad \dots (19)$$

また、電機子鎖交磁束に関する磁束特性値としては、上記の ψ に限るものではなく、この ψ が、 $\sqrt{3}\psi_e$ であるので、この ψ_e を磁束特性値として、この ψ_e と温度との関係の線図（磁束-温度線図）を作成することができる。これによって、モータ温度を推定するようにしてもよい。なお、 ψ_e とは、上記したように、磁石1bによる電機子鎖交磁束の実効値である。

上記のようにモータ温度（磁石1bの温度）を推定することができ、この推

定した温度から圧縮機 1 の内部温度を推定することができる。これによって、圧縮機 1 が正常か異常かを判断でき、異常状態での運転を回避して、圧縮機内部の損傷による故障等を生じさせないようにすることができる。なお、この温度推定は、運転中において常時行ってもよい。また、温度推定は、ある条件下、例えば、モータ回転数やモータ電流が所定値になったときに行ってもよい。その際、上記のように、 β が 0 となるような状態を作つて、 i_d (電機子電流の d 軸成分) を 0 として、 ψ を求め、これから温度を推定する。

ところで、 β が 0 となるような状態を作れば、d 軸インダクタンス L_d が不使用となって、温度変動等による定数の変化にともなう演算誤差が少なくなり、温度推定精度がよくなる。しかも、この実施形態のような空気調和装置においては、冷媒ガスが不足するエリアにおいても温度推定の可能性がある。しかし、その場合、測定エリアが狭く、運転中に β を 0 とする測定モードをする必要がある。また、 β を 0 としない通常時では、全ての運転エリアにおいて温度推定が可能であり、しかも、運転中常時推定が可能である。しかし、d 軸インダクタンス L_d の同定の精度を向上させる必要がある。すなわち、 β を 0 とする場合であつても、 β を 0 としない場合であつても、それ長所と短所とがあり、どちらを採用してもよい。

また、図 12 に示すように、吐出管 18 には温度検出手段 24 が設けられている。そして、空気調和装置は、圧縮機 1 の吐出管温度に基づく吐出管温度制御が行われる。そのため、上記推定装置 28 は、上記推定した温度が実際の温度に対して相違する場合に、この吐出管温度を利用して、推定する温度を実際の温度に較正する較正手段 36 を備えてもよい。該較正手段 36 は、演算手段 20 で構成されている。

すなわち、冷媒ガスの流量が正常であれば、吐出管温度は圧縮機 1 の内部温度とほぼ同一である。推定した温度が吐出管温度と相違する場合、推定された温度が正確でないことになる。そこで、この場合、推定した温度に補正值を付加するようにすればよい。また、この較正は、運転中において常時行ってもよい。また、上記較正は、モータ 6 の電流や吐出管温度がある一定時間の間、ある範囲を示したときに行うようにすることもできる。

上記推定装置 28 は、モータ 6 の電流、電圧及び機器定数からモータ温度を推定するので、温度検出用センサを必要とせず、しかも、回転位置を推定するためのデータを用いるので、他の構成の付加もあまり必要としない。これにより、低コストにて信頼性の高いモータ温度を得ることができる。

特に、上記電流及び電圧と、機器定数である抵抗及びインダクタンスとからなる回転座標モデルを用いて、磁石 1b の温度をモータ温度として推定するので、磁石 1b の温度を簡単に推定することができる。

さらに、簡単な演算式（基本電圧方程式）を利用して確実にモータ温度を推定することができる。

しかも、磁石 1b の N 極の向きに d 軸を定め、これより $\pi/2$ 進んだ方向に q 軸をとり、三相 PMSM のモータ基本電圧方程式を、電気角速度 ω で回転する d、q 軸座標系に変換してモータ電圧方程式を求め、このモータ電圧方程式から定常時の電圧方程式を求め、推定時に、この定常時の電圧方程式において、電機子電流の d 軸成分を 0 とするので、d 軸インダクタンス L_d を不使用として、演算要素を少なくすることができる。このため、温度変動等による定数の変化にともなう演算誤差を少なくすることができる。

また、上記推定装置 28 は、モータ温度から圧縮機 1 の内部温度を推定することができ、これによって、圧縮機 1 の内部状態を推定することできる。特に、較正手段 36 にて、推定した温度の信頼性を向上させることができる。

このため、この推定装置 28 は、圧縮機 1 が正常状態で駆動している場合に、異常を判断したり、逆に、圧縮機 1 が異常状態で駆動している場合に、正常と判断したりすることがなくなる。

つまり、正常状態であるにもかかわらず異常と判断すれば、この判断によつて、その運転を停止することになり、室内を快適空間にすることができない。逆に、異常であるにもかかわらず正常と判断すれば、そのまま空調運転が行われ、空気調和機が故障したり、消費電力が増大するおそれがある。

これに対して、本推定装置 28 によれば、圧縮機 1 の内部状態（内部温度）を精度よく推定でき、このようなおそれはない。

ところで、圧縮機 1 の運転に際しては、起動時に圧縮機 1 の内部温度を推定

し、また、その後の温度上昇の程度を推定し、この起動時の温度や温度上昇が異常であれば、その運転を停止するようにしてもよい。これにより、異常検出の早期検出が可能となり、異常状態での長時間の運転を回避して圧縮機1の損傷等を防止できる信頼性の向上を図ることができる。

〈実施形態2の他の変形例〉

以上、この発明の実施形態2について説明したが、この発明は上記実施形態2に限定されるものではなく、この発明の範囲内で種々変更して実施することができる。

例えば、回転子（ロータ）1aとして、図14に示すような埋込磁石構造のものを使用したが、もちろんロータ表面に永久磁石を張り付けた表面磁石構造のものであってもよい。

また、圧縮機1として、スクロール形に限るものではなく、スイング形等の他のタイプであってもよい。

さらに、較正手段36において、推定した温度を比較する実際の温度として、吐出管温度に限るものではなく、実際の圧縮機内部温度と実質的に同一または実際の圧縮機内部温度に対して比例するもの等を採用することができる。

また、冷凍装置として、図12に示すような空気調和装置に限るものではなく、温度推定が可能なブラシレスDCモータ6を備えた圧縮機1を使用した各種の冷凍装置であってもよい。

さらに、モータ温度の推定に用いるモデルとして、回転座標モデルではなく固定座標系を使用することも可能である。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明に係る圧縮機の駆動装置及び冷凍装置は、冷凍運転等を行う場合に有用であり、特に、圧縮機の内部状態に基づいて制御する場合に適している。

請求の範囲

1. モータ (6) を有する圧縮機の駆動装置であって、
上記モータ (6) の電流及び／又は電圧を検出する検出手段 (16, 17) と、
該検出手段 (16, 17) の検出値に基づいて内部状態を推定する推定手段 (28)
とを備えている
ことを特徴とする圧縮機の駆動装置。
2. 請求項 1において、
上記推定手段 (28) は、検出手段 (16, 17) の検出値からモータモデルのパラメータを同定する同定手段 (20) と、該同定手段 (20) が同定したパラメータに基づいて内部状態を導出する導出手段 (21) とを備えている
ことを特徴とする圧縮機の駆動装置。
3. 請求項 1において、
上記推定手段 (28) が推定する内部状態は、軸受異常又は潤滑不良である
ことを特徴とする圧縮機の駆動装置。
4. 請求項 1において、
上記推定手段 (28) が推定する内部状態は、モータ温度である
ことを特徴とする圧縮機の駆動装置。
5. 請求項 1において、
上記モータ (6) は、ブラシレスDCモータである
ことを特徴とする圧縮機の駆動装置。
6. モータ (6) を有する圧縮機 (1) を備えた冷媒回路を有する冷凍装置であつて、
上記モータ (6) の電流及び／又は電圧を検出する検出手段 (16, 17) と、

該検出手段（16, 17）の検出値に基づいて圧縮機（1）の内部状態を推定する推定手段（28）とを備えていることを特徴とする冷凍装置。

7. 請求項 6 において、

上記推定手段（28）は、検出手段（16, 17）の検出値からモータモデルのパラメータを同定する同定手段（20）と、該同定手段（20）が同定したパラメータに基づいて圧縮機（1）の内部状態を導出する導出手段（21）とを備えていることを特徴とする冷凍装置。

8. 請求項 6 において、

上記モータ（6）がブラシレスDCモータであることを特徴とする冷凍装置。

9. 請求項 7 において、

上記同定手段（20）が同定するパラメータは、モータ駆動トルクであることを特徴とする冷凍装置。

10. 請求項 6 において、

上記推定手段（28）が推定する内部状態は、冷媒回路の高圧冷媒圧力又は低圧冷媒圧力であることを特徴とする冷凍装置。

11. 請求項 9 において、

上記冷媒回路には、冷媒状態を検出する冷媒検出手段（22, 23）が設けられ、上記導出手段（21）は、同定手段（20）が同定したモータ駆動トルクと冷媒検出手段（22, 23）が検出した冷媒状態に基づいて冷媒回路の高圧冷媒圧力又は低圧冷媒圧力を導出することを特徴とする冷凍装置。

12. 請求項9において、

上記冷媒回路には、冷媒状態を検出する冷媒検出手段(22, 23)が設けられ、上記導出手段(21)は、冷媒回路における冷媒温度及び／又は冷媒圧力に対応したモータ駆動トルクと圧縮機(1)の吸込過熱度との関係が予め設定され、同定手段(20)が同定したモータ駆動トルクと冷媒検出手段(22, 23)が検出した冷媒状態に基づいて圧縮機(1)の吸込過熱度を導出することを特徴とする冷凍装置。

13. 請求項6において、

上記推定手段(28)が推定する内部状態は、圧縮機(1)の内部における衝撃荷重の発生であることを特徴とする冷凍装置。

14. 請求項13において、

上記検出手段(16)の検出値は、モータ(6)の電流であり、上記推定手段(28)は、検出手段(16)の検出電流の高調波成分に基づいて衝撃荷重の発生を推定することを特徴とする冷凍装置。

15. 請求項14において、

上記推定手段(28)は、検出電流の高調波成分の正弦波に対するひずみ量に基づいて衝撃荷重の発生を推定することを特徴とする冷凍装置。

16. 請求項14において、

上記推定手段(28)は、検出電流の高調波成分が予め設定された基準値より大きいと衝撃荷重の発生を推定することを特徴とする冷凍装置。

17. 請求項16において、

上記推定手段(28)の基準値は、冷媒回路における冷媒温度及び／又は冷媒圧力に対応して設定されていることを特徴とする冷凍装置。

18. 請求項6において、

上記推定手段(28)が推定する内部状態は、圧縮機(1)の潤滑不良又は液圧縮であることを特徴とする冷凍装置。

19. 請求項18において、

上記検出手段(16)の検出値は、モータ(6)の電流であり、上記推定手段(28)は、検出手段(16)の検出電流の上昇率に基づいて圧縮機(1)の潤滑不良又は液圧縮を推定することを特徴とする冷凍装置。

20. 請求項19において、

上記冷媒回路には、冷媒状態を検出する冷媒検出手段(22, 23)が設けられ、上記推定手段(28)は、検出手段(16)の検出電流と冷媒検出手段(22, 23)が検出した冷媒状態とからモータ(6)の定常状態の定常電流を設定し、該定常電流と検出手段(16)の検出電流とを比較して圧縮機(1)の潤滑不良又は液圧縮を推定することを特徴とする冷凍装置。

21. 請求項9において、

上記推定手段(28)は、モータ駆動トルクが所定値を越える上昇に基づいて圧縮機(1)の潤滑不良又は液圧縮を推定することを特徴とする冷凍装置。

2 2 . 請求項 2 1 において、

上記冷媒回路には、冷媒状態を検出する冷媒検出手段 (22, 23) が設けられ、

上記推定手段 (28) は、同定手段 (20) が同定したモータ駆動トルクと冷媒検出手段 (22, 23) が検出した冷媒状態とからモータ (6) の定常状態の定常トルクを設定し、該定常トルクと同定手段 (20) が同定したモータ駆動トルクとを比較して圧縮機 (1) の潤滑不良又は液圧縮を推定することを特徴とする冷凍装置。

2 3 . 請求項 9 において、

上記推定手段 (28) は、推定した圧縮機 (1) の内部状態の情報を出力するように構成されていることを特徴とする冷凍装置。

2 4 . 請求項 9 において、

上記推定手段 (28) が推定した圧縮機 (1) の内部状態の情報に基づいて、圧縮機 (1) を保護する保護手段 (29) を備えていることを特徴とする冷凍装置。

2 5 . 請求項 2 4 において、

上記保護手段 (29) は、圧縮機 (1) を駆動するためのインバータ制御手段 (26) を制御して圧縮機 (1) の保護運転を行うように構成されていることを特徴とする冷凍装置。

2 6 . 請求項 2 5 において、

上記保護手段 (29) は、インバータ制御手段 (26) が冷媒回路の運転制御に優先して圧縮機 (1) の保護運転を行うことを特徴とする冷凍装置。

27. 請求項24において、

上記推定手段（28）が推定した圧縮機（1）の内部状態の情報に基づいて、上記保護手段（29）の保護運転から定常運転に復帰させる切換手段を備えていることを特徴とする冷凍装置。

28. 請求項24において、

上記保護手段（29）は、圧縮機（1）の故障診断を行うように構成されていることを特徴とする冷凍装置。

29. 請求項28において、

上記保護手段（29）の診断結果を記憶する記憶手段（21）を備えていることを特徴とする冷凍装置。

30. 請求項24において、

上記保護手段（29）は、圧縮機（1）の故障予知を行うように構成されていることを特徴とする冷凍装置。

31. 請求項30において、

上記保護手段（29）の予知情報を出力する通信手段（31）を備えていることを特徴とする冷凍装置。

32. 請求項24において、

上記保護手段（29）は、冷媒回路の制御内容又は制御パラメータを変更するように構成されていることを特徴とする冷凍装置。

33. 請求項6において、

予め冷媒回路の冷媒システムモデルを備え、上記推定手段（28）が推定した圧縮機（1）の内部状態の情報に基づいて、冷媒回路の運転状態を推定することを特徴とする冷凍装置。

3 4. 請求項 7 において、

上記モータ（6）がブラシレスDCモータで構成される一方、

上記推定手段（28）は、モータ（6）の電流、電圧及び機器定数からモータ温度を推定することを特徴とする冷凍装置。

3 5. 請求項 7 において、

上記モータ（6）がブラシレスDCモータで構成される一方、

上記同定手段（20）は、モータ（6）の電流、電圧、抵抗及びインダクタンスからなるモータモデルに基づいてパラメータを同定し、

上記導出手段（21）は、同定手段（20）が同定したパラメータに基づいてモータ温度を導出する

ことを特徴とする冷凍装置。

3 6. 請求項 3 5 において、

上記同定手段（20）は、モータ（6）の磁石（1b）のN極の向きにd軸を定め、これより $\pi/2$ 進んだ方向にq軸をとり、三相PMSMのモータ基本電圧方程式を、電気角速度 ω で回転するd、q軸座標系に変換してモータ電圧方程式を求め、このモータ電圧方程式から磁石（1b）による電機子鎖交磁束に関する磁束特性値を同定し、

上記導出手段（21）は、同定手段（20）が同定した磁束特性値に基づいて磁石（1b）の温度をモータ温度として導出する

ことを特徴とする冷凍装置。

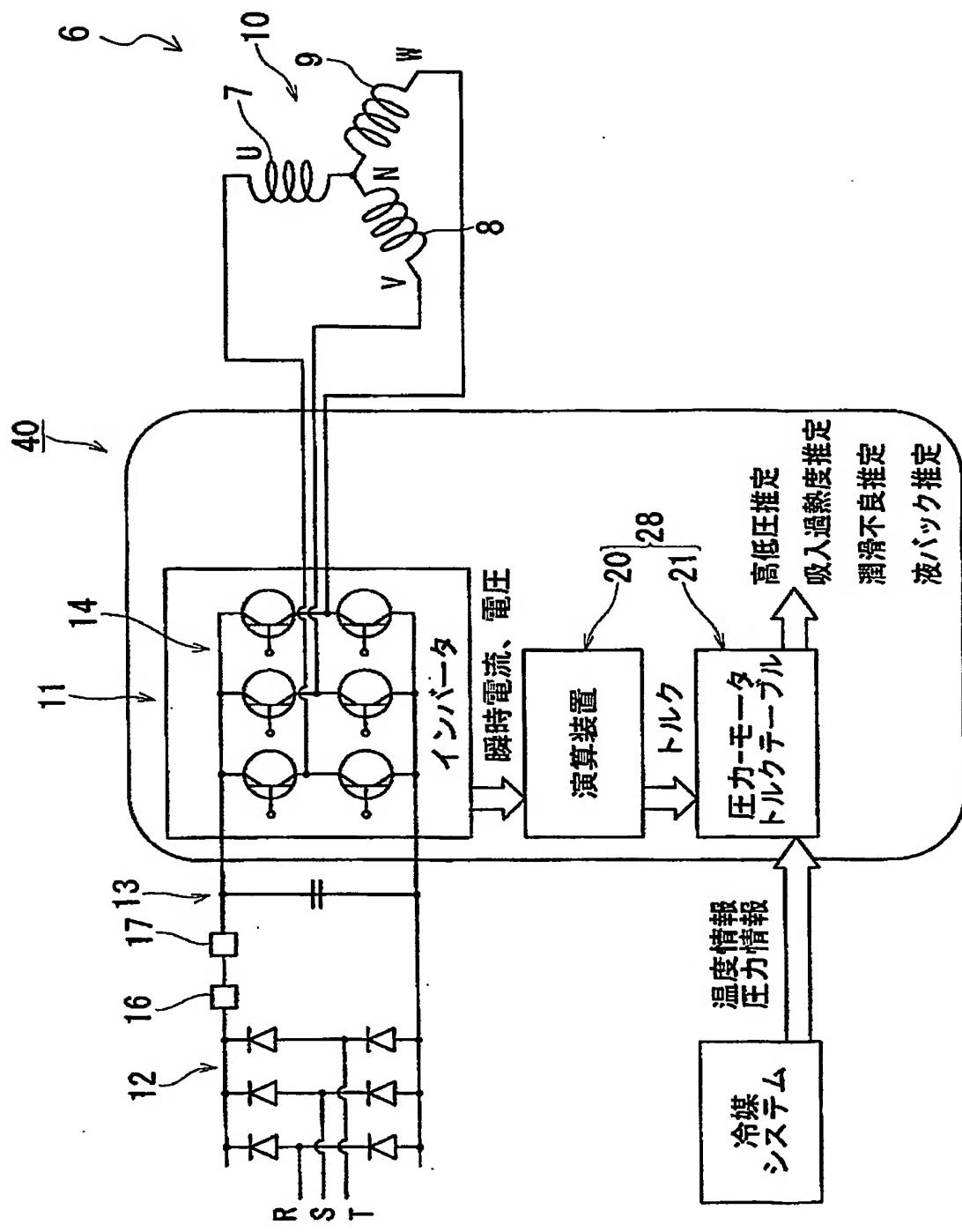
3 7. 請求項 3 6 において、

上記同定手段（20）は、モータ電圧方程式から定常時の電圧方程式を求め、同定時に、この定常時の電圧方程式の電機子電流のd軸成分を0とすることを特徴とする冷凍装置。

38. 請求項35において、

上記冷媒回路には、圧縮機（1）の吐出管温度を検出する冷媒検出手段（24）が設けられる一方、

上記導出手段（21）が導出するモータ温度を圧縮機（1）の内部温度とし、温度検出手段（24）が検出した吐出管温度に基づいて上記導出手段（21）が導出した内部温度を較正する較正手段（36）を備えていることを特徴とする冷凍装置。



2/12

FIG. 2

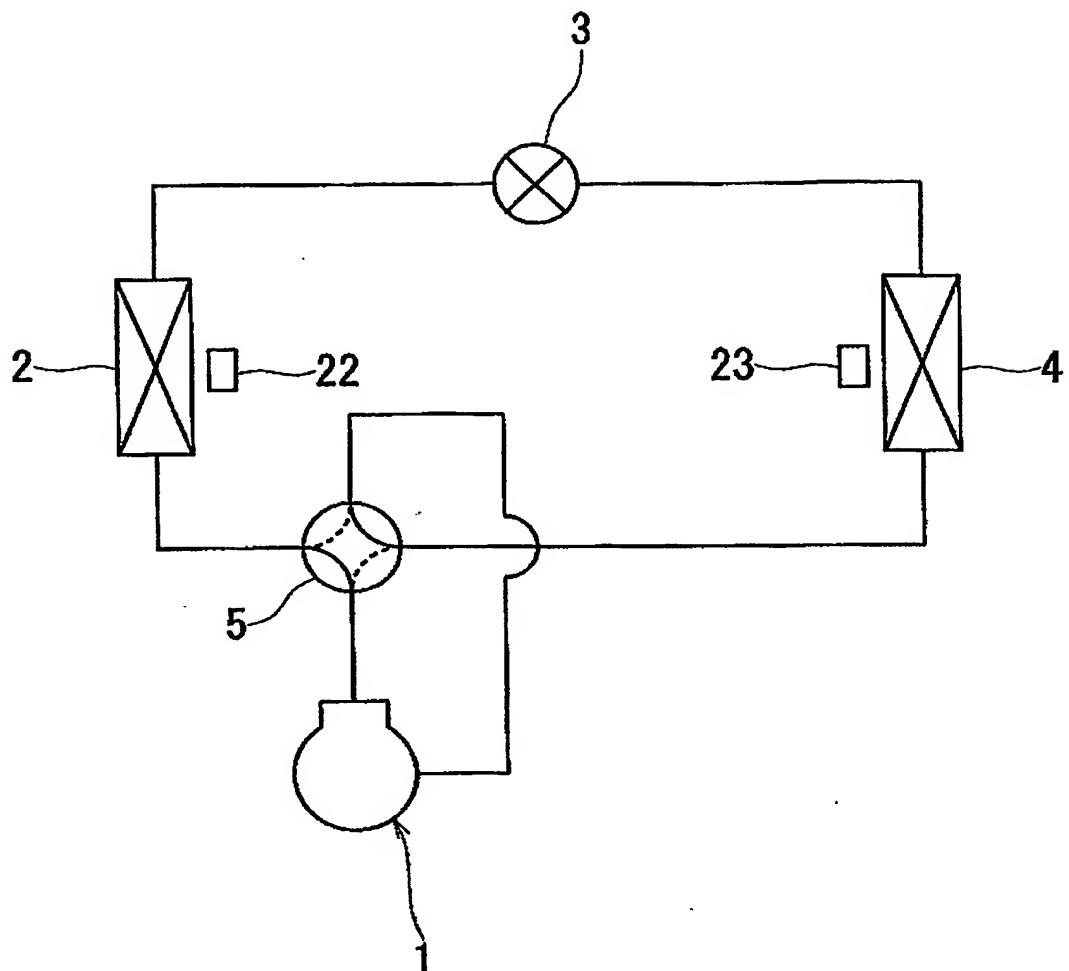


FIG. 3

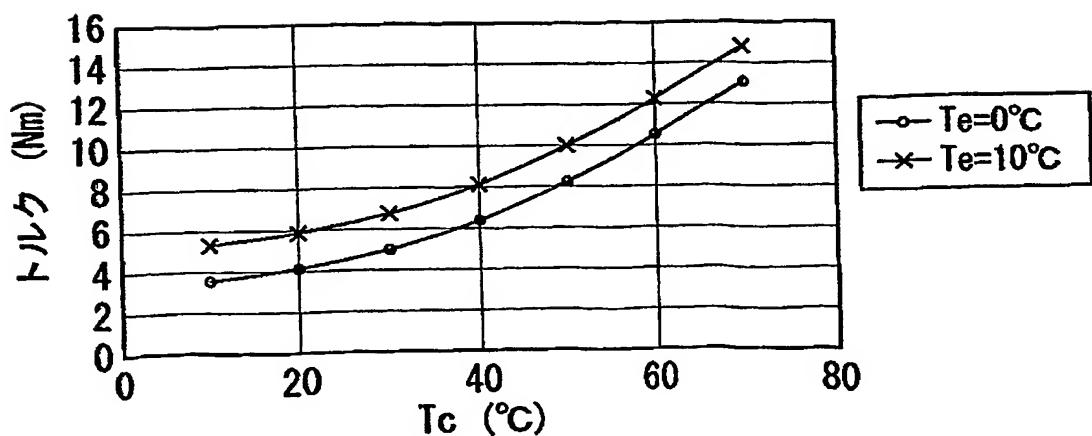


FIG. 4

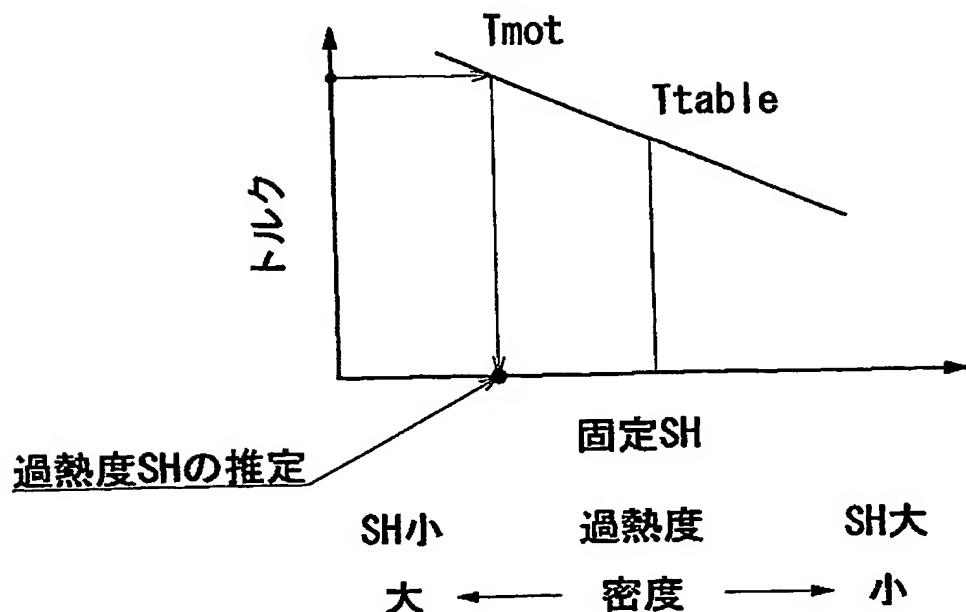
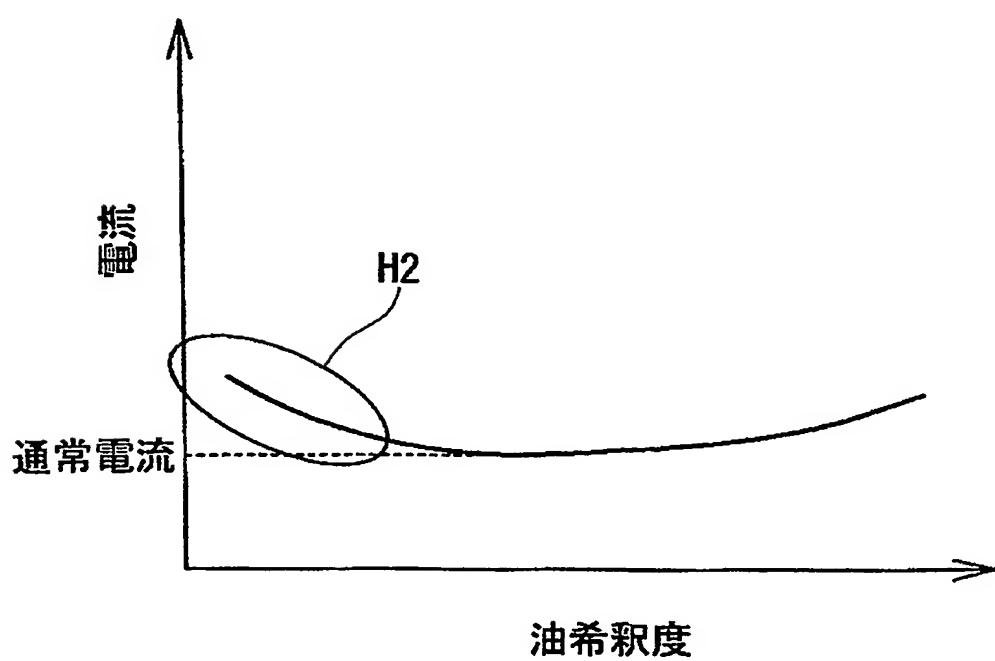


FIG. 5



4/12

FIG. 6

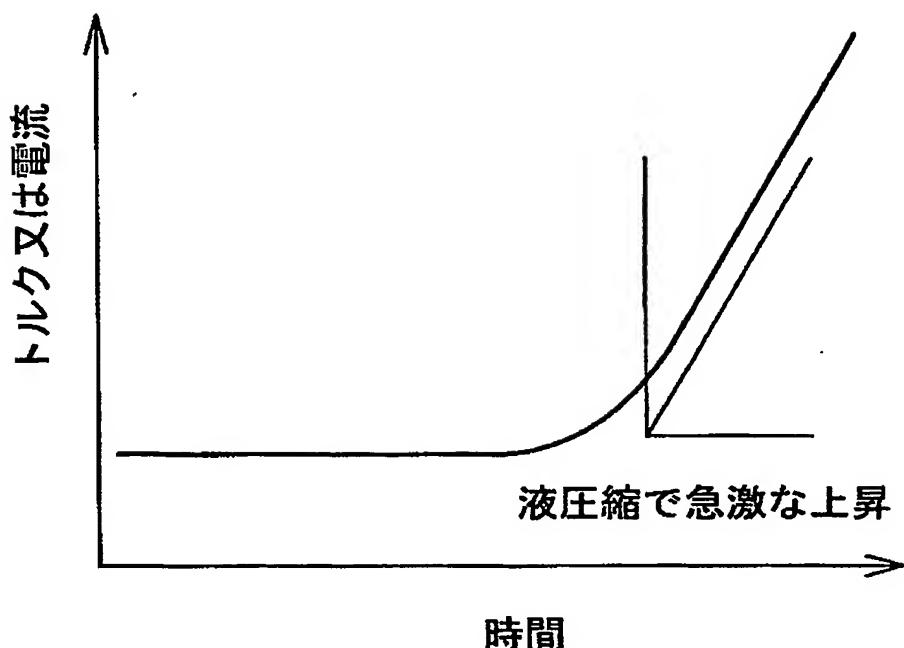
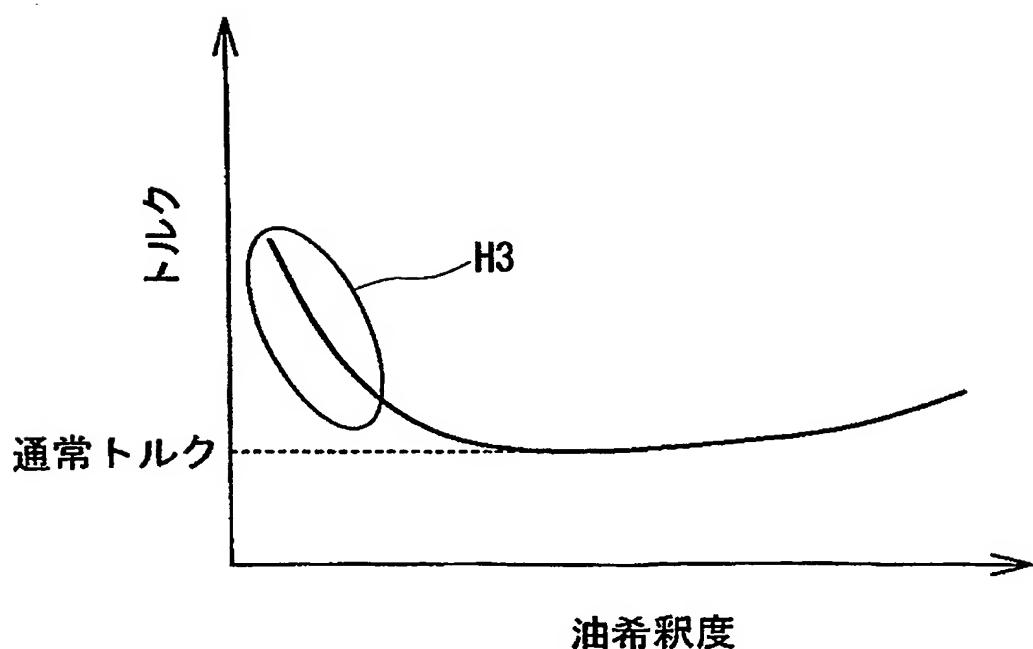
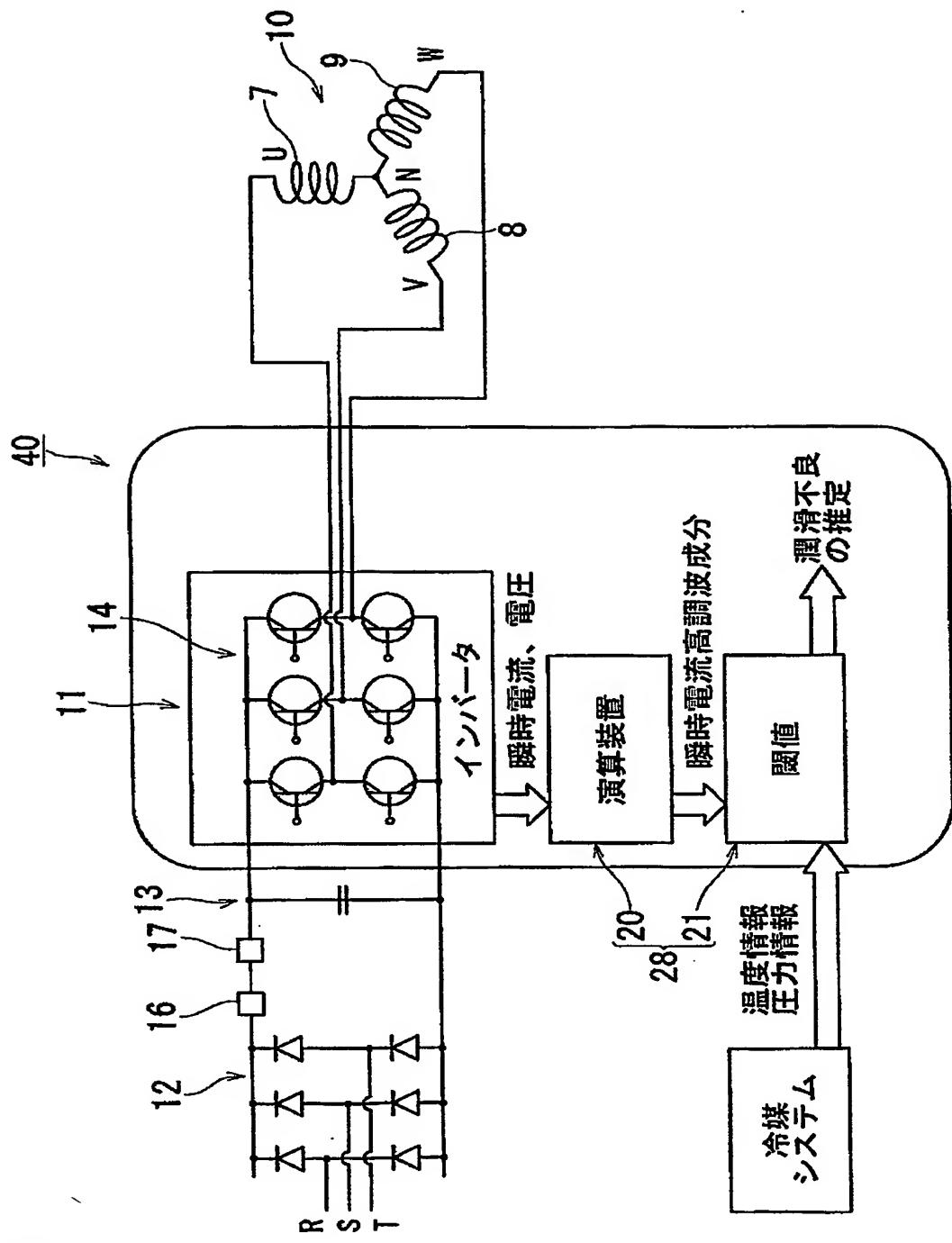


FIG. 7





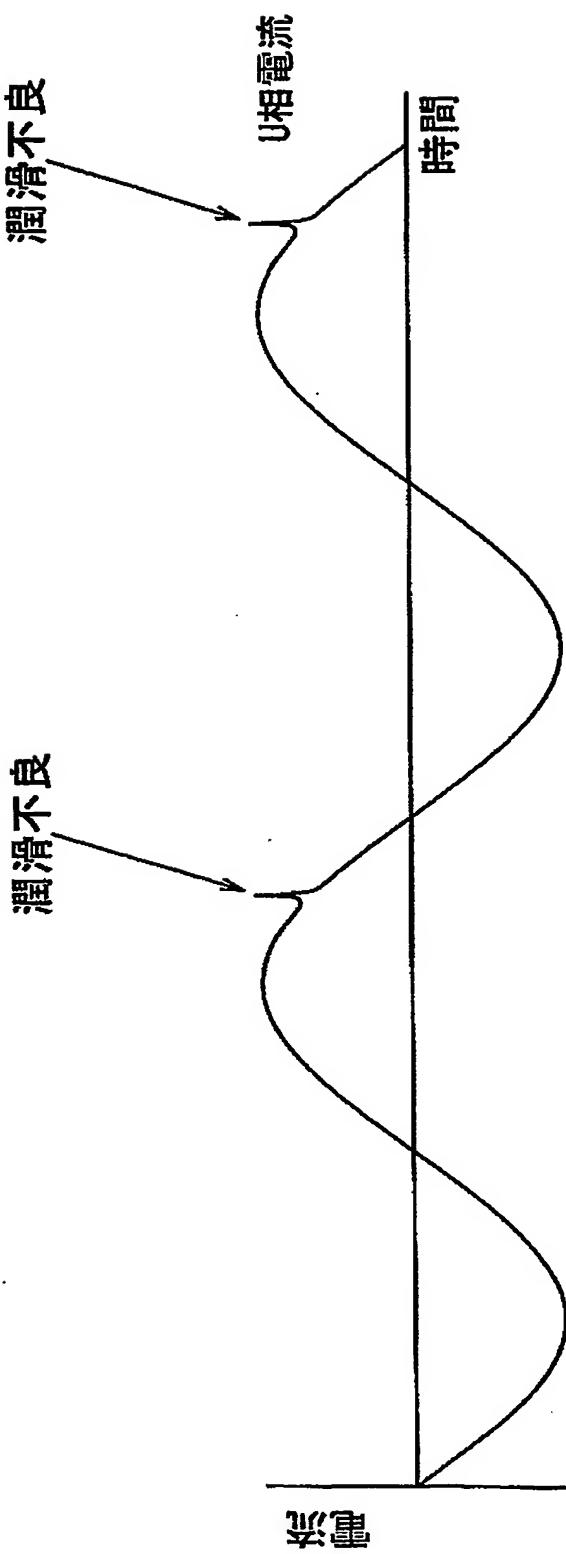
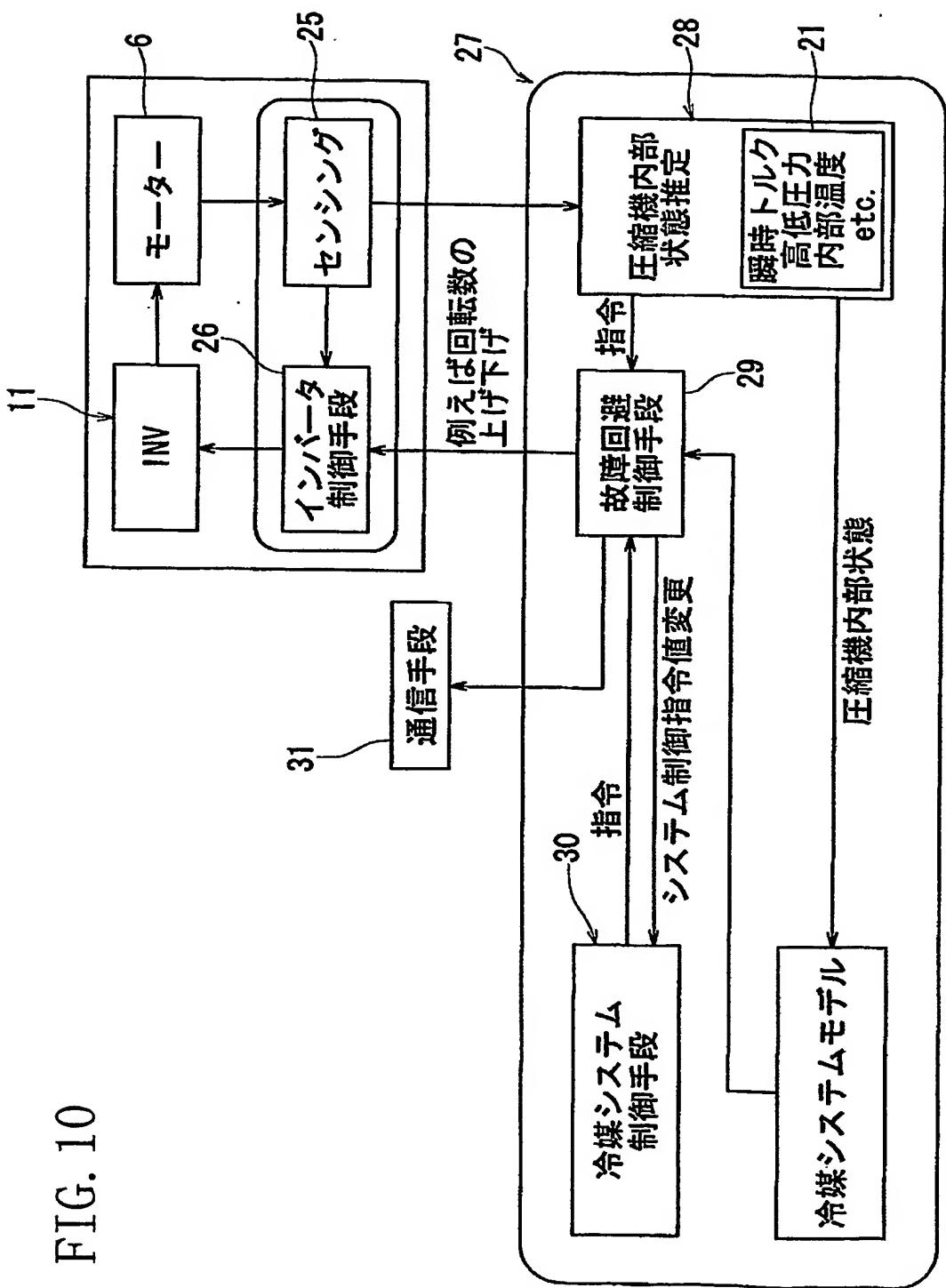


FIG. 9

FIG. 10



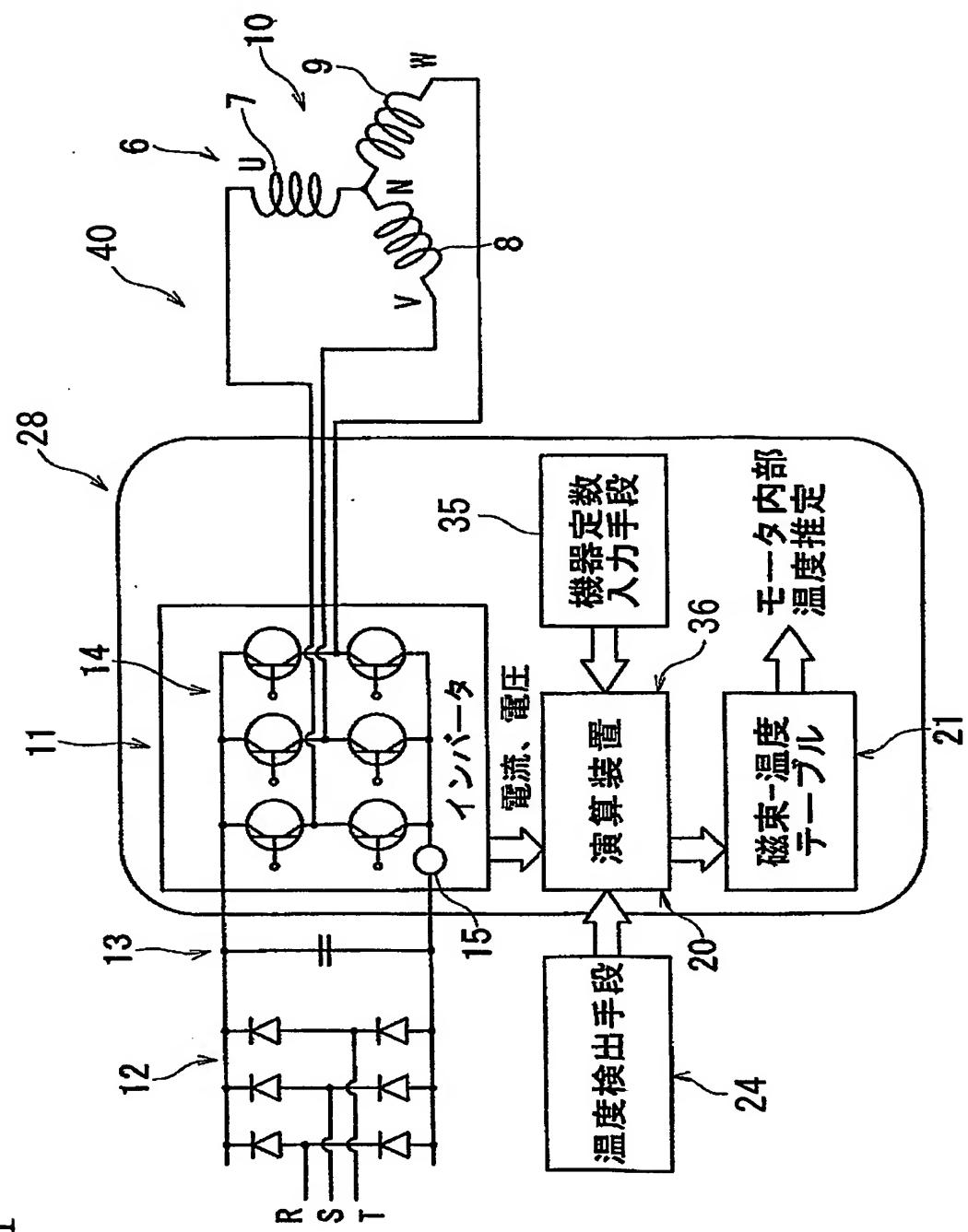
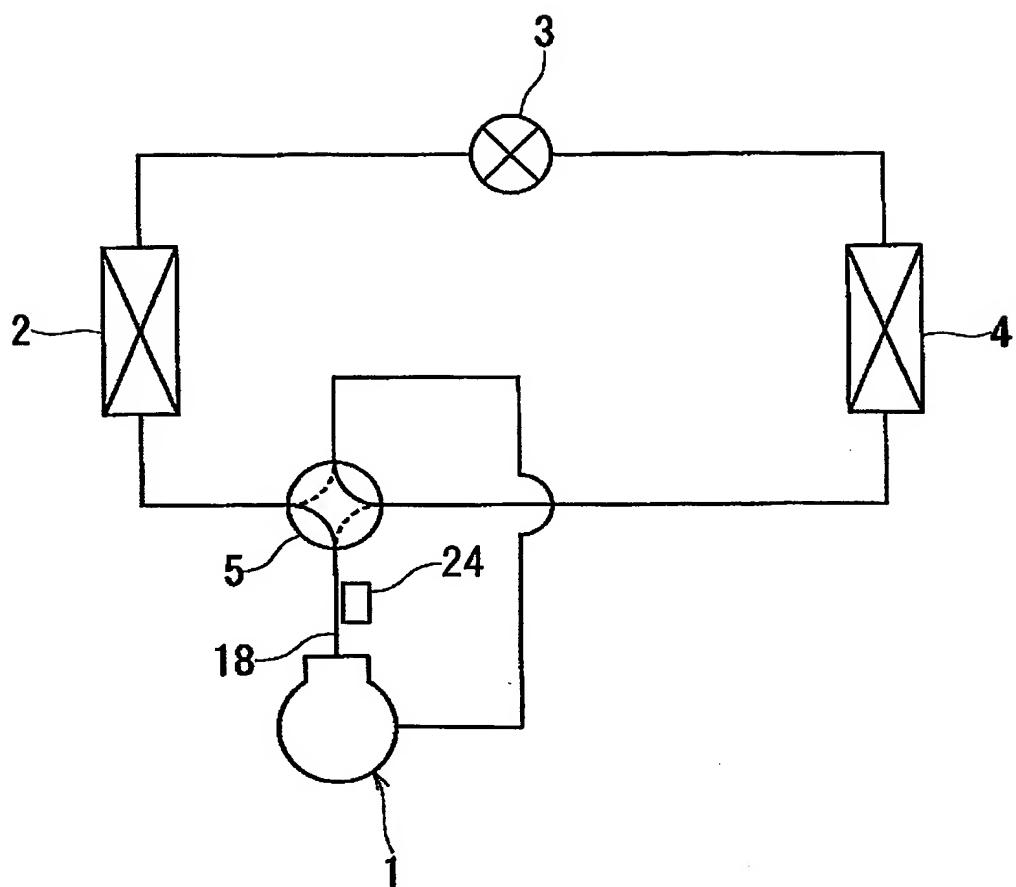


FIG. 11

FIG. 12



10/12

FIG. 13

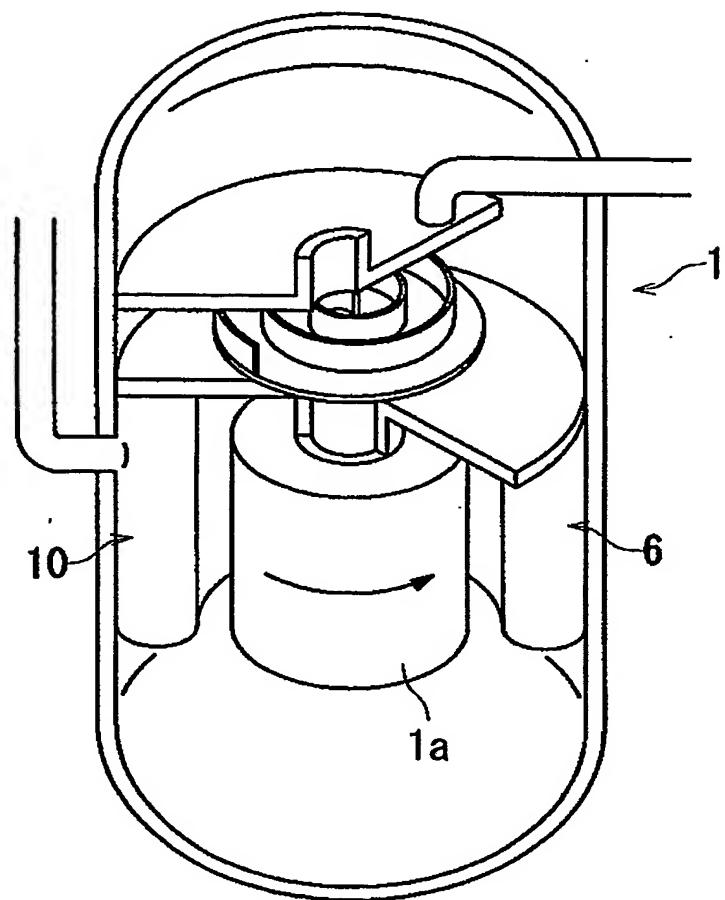
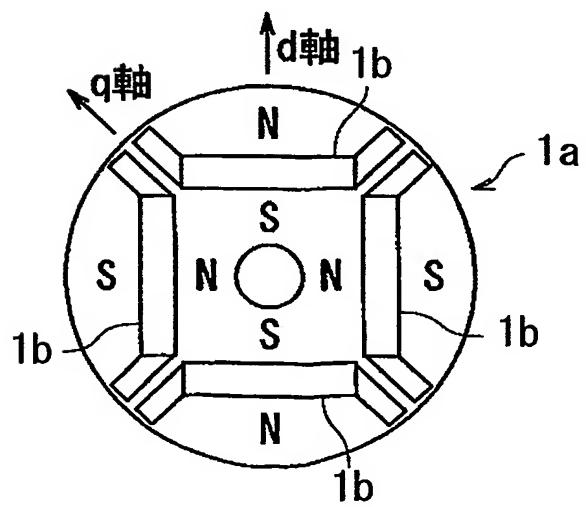


FIG. 14



11/12

FIG. 15

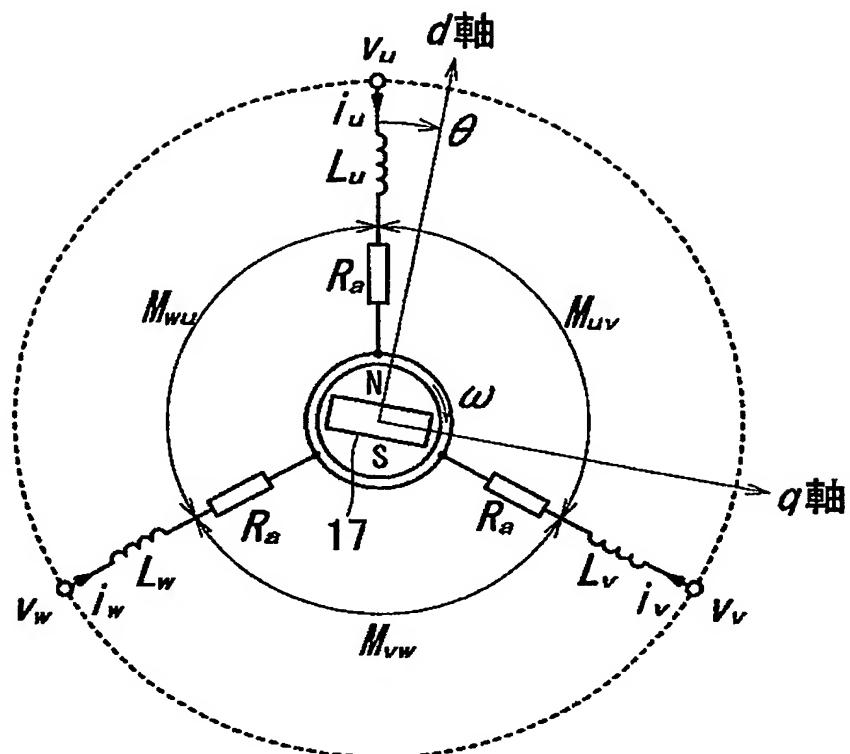
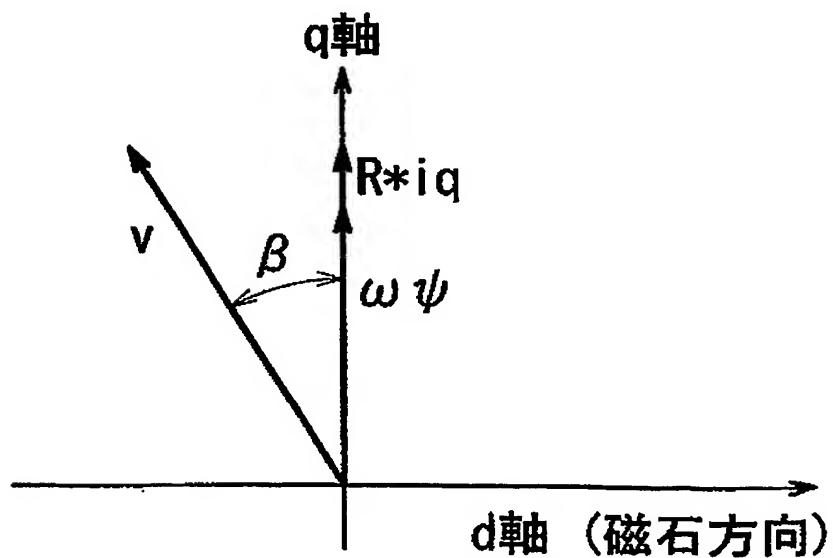
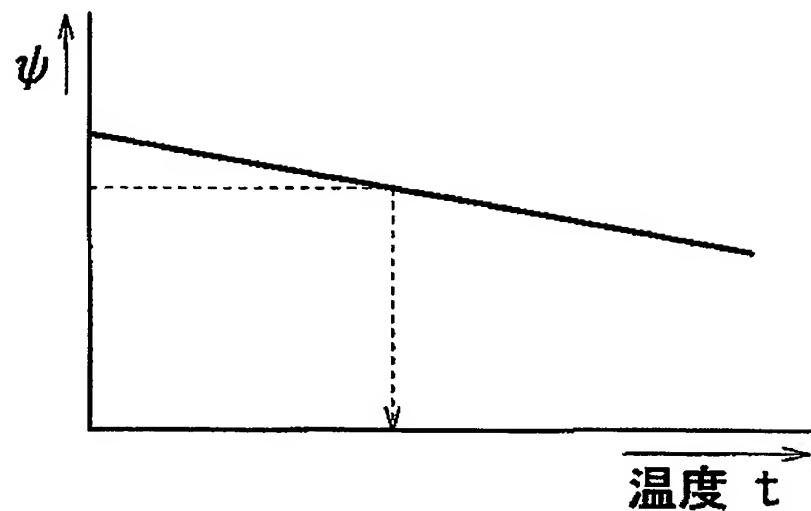


FIG. 16



12/12

FIG. 17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09415

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F04B49/10, H02P6/12, F25B49/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F04B49/10, H02P6/12, F25B49/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2001-333589 A (Toyota Industries Corp.), 30 November, 2001 (30.11.01), Par. Nos. [0002] to [0028]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-3, 6-7, 9, 13, 18, 21, 23-24, 28 5-9, 25-26 10-12, 14-17, 20, 22, 27, 29-38
Y		
A		
X	JP 2002-138966 A (Daikin Industries, Ltd.), 17 May, 2002 (17.05.02), Par. Nos. [0002] to [0009] (Family: none)	1, 3, 6, 13-14, 18-19 25-26
Y		

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 September, 2003 (02.09.03).Date of mailing of the international search report
16 September, 2003 (16.09.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09415

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-136172 A (Daikin Industries, Ltd.),	1-2
Y	10 May, 2002 (10.05.02),	5-8
A	Par. Nos. [0044] to [0095]; Figs. 1 to 15 (Family: none)	34-38
X	JP 2001-280258 A (Seiko Instruments Inc.),	1-2, 4, 6-7
A	10 October, 2001 (10.10.01),	34-38
	Par. Nos. [0039] to [0060]; Figs. 1 to 7 (Family: none)	
X	JP 2001-186800 A (Toyo Electric Mfg. Co., Ltd.),	1-2, 4
A	06 July, 2001 (06.07.01),	6-7, 34-38
	Par. Nos. [0011] to [0024]; Fig. 1 (Family: none)	
A	EP 1220064 A2 (Seiko Instruments Inc.), 03 July, 2002 (03.07.02), Full text; Figs. 1 to 17 & US 2002/128730 A1 & JP 2002-202802 A	1-38
A	US 2002/184899 A1 (Hiroyuki ASADA, Kazuhiro TOGARU), 12 December, 2002 (12.12.02), Full text; Figs. 1 to 4 & DE 10126524 A1 & JP 2001-347828 A	10-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 F04B49/10, H02P6/12, F25B49/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 F04B49/10, H02P6/12, F25B49/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 2001-333589 A (株式会社豊田自動織機) 2001.11.30, 【0002】-【0028】段落, 第1- 2図 (ファミリーなし)	1-3, 6-7, 9, 1 3, 18, 21, 23-2 4, 28
Y		5-9, 25-26
A		10-12, 14-1 7, 20, 22, 27, 2 9-38

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.09.03

国際調査報告の発送日

16.09.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

刈間 宏信

(印)

3T 8816

電話番号 03-3581-1101 内線 8816

C (続き) . 関連すると認められる文献		関連する請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
X	JP 2002-138966 A (ダイキン工業株式会社) 2002. 05. 17, 【0002】-【0009】段落 (ファミリーなし)	1, 3, 6, 13-14, 18-19 25-26
Y		
X	JP 2002-136172 A (ダイキン工業株式会社) 2002. 05. 10, 【0044】-【0095】段落, 第1-15図 (ファミリーなし)	1-2 5-8 34-38
Y		
A		
X	JP 2001-280258 A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 2001. 10. 10, 【0039】-【0060】段落, 第1-7図 (ファミリーなし)	1-2, 4, 6-7 34-38
A		
X	JP 2001-186800 A (東洋電機製造株式会社) 2001. 07. 06, 【0011】-【0024】段落, 第1図 (ファミリーなし)	1-2, 4 6-7, 34-38
A		
A	EP 1220064 A2 (Seiko Instruments Inc.) 2002. 07. 03, 全文, 第1-17図 & US 2002/128730 A1 & JP 2002-202802 A	1-38
A		
A	US 2002/184899 A1 (Hiroyuki Asada, Kazuhiro Togaru) 2002. 12. 12, 全文, 第1-4図 & DE 10 126524 A1 & JP 2001-347828 A	10-12
A		